

## CURRENT SENSOR AND CURRENT SENSOR MANUFACTURING METHOD

**Publication number:** WO03038452 (A1)

**Publication date:** 2003-05-08

**Inventor(s):** SHIBAHARA KOJI [JP]; YAMAGATA YO [JP]; POPOVIC RADIVOJE [CH]; RACZ ROBERT [CH] +

**Applicant(s):** ASAHI CHEMICAL IND [JP]; SENTRON AG [CH]; SHIBAHARA KOJI [JP]; YAMAGATA YO [JP]; POPOVIC RADIVOJE [CH]; RACZ ROBERT [CH] +

**Classification:**

- **international:** **G01R15/20; G01R15/14;** (IPC1-7): G01R15/20

- **European:** G01R15/20; G01R15/20B

**Application number:** WO2002JP11473 20021101

**Priority number(s):** JP20010336682 20011101

**Also published as:**

EP1443332 (A1)  
EP1443332 (A4)  
US2005030018 (A1)  
US7129691 (B2)  
TW273266 (B)

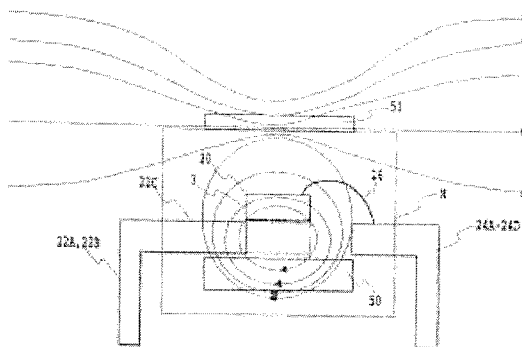
[more >>](#)

**Cited documents:**

JP61080074 (A)  
JP4148869 (A)  
JP2000193728 (A)  
JP5081731U (U)  
JP9090007 (A)

**Abstract of WO 03038452 (A1)**

A current sensor which is compact, highly sensitive, capable of being packaged in a standard assembly line regularly used in manufacturing an integrated circuit, and suitable for mass production at a low cost, and a manufacturing method thereof. In addition, sufficient shield effect can be obtained against disturbance magnetic flux without lowering the magnetic flux detection sensitivity. A first magnetic body 50 is affixed to a bottom of a current conductor 22C. The first magnetic body 50 performs the function of converging and amplifying the magnetic flux generated by the current to be measured, and the function shielding of the external magnetic flux. A second magnetic body 51 is affixed to top of a magnetic sensor chip 20. The second magnetic body 51 performs the shield function from the disturbance magnetic flux incoming from outside. A current sensor which is compact, highly sensitive, capable of being packaged in a standard assembly line regularly used in manufacturing an integrated circuit, and suitable for mass production at a low cost, and a manufacturing method thereof. In addition, sufficient shield effect can be obtained against disturbance magnetic flux without lowering the magnetic flux detection sensitivity. A first magnetic body (50) is affixed to a bottom of a current conductor (22C). The first magnetic body (50) performs the function of converging and amplifying the magnetic flux generated by the current to be measured, and the function shielding of the external magnetic flux. A second magnetic body (51) is affixed to top of a magnetic sensor chip (20). The second magnetic body (51) performs the shield function from the disturbance magnetic flux incoming from outside.



(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2003年5月8日 (08.05.2003)

PCT

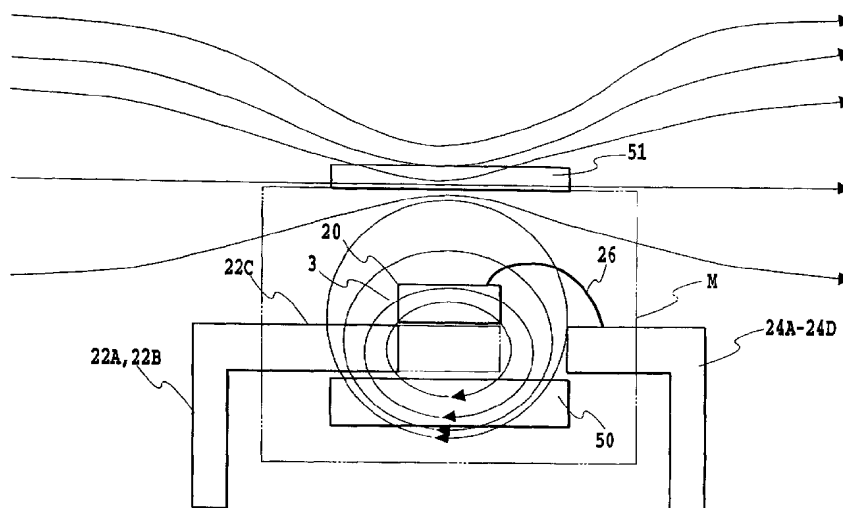
(10) 国際公開番号  
WO 03/038452 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: G01R 15/20
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/11473
- (22) 国際出願日: 2002年11月1日 (01.11.2002)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2001-336682 2001年11月1日 (01.11.2001) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 旭化成株式会社 (ASAHI KASEI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒530-8205 大阪府 大阪市北区 堂島浜1丁目 2-6 Osaka (JP). セントロンアーゲー (SENTRON AG) [CH/CH]; CH-6300 ツーク バーラーシュトラッセ 73 Zug (CH).
- (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 芝原 浩二 (SHIBAHARA, Koji) [JP/JP]; 〒194-0211 東京都 町田市相原町 1454-41 Tokyo (JP). 山縣 曜 (YAMAGATA, Yo) [JP/JP]; 〒417-0047 静岡県 富士市青島町 231 クレ青島 102 Shizuoka (JP). ポポビッチ ラディフォーエ (POPOVIC, Radivoje) [CH/CH]; CH-1025 サン シュルピース シェミンド シャンパーニュ 21 St-Sulpice (CH). ラッツ ロバート (RACZ, Robert) [CH/CH]; CH-6300 ツーク ブライクシュトラッセ 9 Zug (CH).
- (74) 代理人: 谷 義一 (TANI, Yoshikazu); 〒107-0052 東京都 港区 赤坂2丁目 6-20 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO,

[続葉有]

(54) Title: CURRENT SENSOR AND CURRENT SENSOR MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 電流センサおよび電流センサ製造方法



(57) Abstract: A current sensor which is compact, highly sensitive, capable of being packaged in a standard assembly line regularly used in manufacturing an integrated circuit, and suitable for mass production at a low cost, and a manufacturing method thereof. In addition, sufficient shield effect can be obtained against disturbance magnetic flux without lowering the magnetic flux detection sensitivity. A first magnetic body (50) is affixed to a bottom of a current conductor (22C). The first magnetic body (50) performs the function of converging and amplifying the magnetic flux generated by the current to be measured, and the function shielding of the external magnetic flux. A second magnetic body (51) is affixed to top of a magnetic sensor chip (26). The second magnetic body (51) performs the shield function from the disturbance magnetic flux incoming from outside.

[続葉有]



WO 03/038452 A1



NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI 特

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 *PCT* ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

小型かつ高感度であって、集積回路を製造する際に通常使用される標準的な組立ラインにてパッケージ化することができる、大量生産に適した低コストな電流センサ、ならびに、その製造方法を提供する。さらに、磁束の検出感度を下げることなく、外乱磁束に対する十分なシールド効果が得られるようにする。第 1 の磁性体 (50) を電流導体 (22C) の下部に貼りつける。第 1 の磁性体 (50) は、被測定電流によって生じる磁束を収束・増幅する機能、および、外来磁束のシールド機能を果たす。磁気センサチップ (20) の上方には、第 2 の磁性体 (51) を貼り付ける。第 2 の磁性体 (51) は、外部から入射する外乱磁束に対するシールド機能を果たす。

## 明 細 書

## 電流センサおよび電流センサ製造方法

## 5 技術分野

本発明は、電流センサおよび電流センサ製造方法に関するものである。

さらに詳述すると、本発明は、測定しようとする電流により発生する磁束を磁気検出素子によって検出することで、電流強度を測定する磁電変換型の電流センサ、および、その製造方法に関するものである。

10

## 背景技術

一般に磁気センサとしては、ホール効果を利用したホールセンサ、磁気抵抗素子、磁気トランジスタ（これら単体あるいは増幅機能や補正機能を内蔵した磁気センサASICを含む）等が知られている。このような磁気センサを用いて、電流により発生する磁束をとらえ、電流強度を測定することが可能であり、従来から、図1に示すような構造を持つ電流センサが広く用いられている。

しかしながら、図1に示したような構造を有する電流センサでは、電流を流す金属導体2の周囲を囲む形状の磁気コア4が必須であるため小型化に適さず、更には磁気コア4とホール素子6を個別に製造して組み立てる必要があることから、コストがかかり、大量生産に適していなかった。

かかる不都合に対処するために、集積回路のプラスチックモールドを用いた「電流検出端子付き磁気センサ」（特開昭61-80074号公報）が提案されている。この公開公報には、“電流検出用金属導体と、この導体の両端部以外の部分に固定された磁電変換素子チップと、このチップに各一端部が接続された複数のリードフレームと、この各リードフレームの一端部および前記チップならびに前記金属導体のチップ固定部を一体的に封止する封止部とを具備し、前記金属

25

導体の両端部を電流検出用外部端子として有することを特徴とする電流検出端子付き磁気センサ”が開示されている。

しかしながら、上記の特開昭61-80074号公報に記載されている発明は、以下に列挙する問題点を有している。

- 5       (1) 特開昭61-80074号公報に記載されている発明は、金属導体に電流が流れるとき、その金属導体を中心として同心円状に生じる磁束を金属導体表面直近に置いた磁気センサチップによって検出しようとするものであるが、金属導体表面付近では磁束は導体表面にほぼ水平な成分のみとなり、更には磁気センサチップが主としてそのチップ表面に対して垂直な方向の磁束に対してのみ感度  
10       を持ち、水平な方向の磁束に対しては著しく弱い感度しか持ち得ないことから、良好な電流検出は困難である。

また、チップ表面に対して垂直な方向の磁束に対して感度を持つ磁気センサチップを、電流によって生じる磁束に対してチップ表面が垂直となるように、90度回転させて電流導体上に配置することで電流の発生する磁束を検出することが可能となるが、磁気センサチップの電流導体上への固定方法や、センサチップ  
15       端子部とリードフレームのワイヤボンディング方法の煩雑さを考慮すると、実用性・量産性に乏しいといえる。

(2) 電流センサが設置される環境においては、電流センサの周囲に被測定対象以外の電流が多数流れていることが想定されるが、特開昭61-80074号  
20       公報に記載されている発明では、そのような環境下において、それら周囲の電流によって生じる外来磁束の影響を容易に受け、被測定対象の電流による磁束を正確に検出するのが困難である。

(3) 特開昭61-80074号公報に記載されている発明では、電流が流れる金属導体と、磁気センサチップの端子が接続されるリードフレーム部の表面が  
25       同一面で形成されず段差を持つことから、一体成型によるリードフレーム加工が困難となり、大量生産には不向きである。

(4) 被測定電流により発生された磁束以外の磁束、すなわち外乱あるいは妨害に起因した磁束が磁気センサ周辺に存在する場合、適切なシールド対策が十分に行われていなかった。換言すると、測定すべき磁束を磁気検出素子に導きつつ、外乱となる磁束を取り除くことで測定誤差をもたらさず、且つ、磁気シールド効果を十分に発揮するための電流センサについては、未だ実現されていない。

よって本発明の目的は、上述の点に鑑み、小型かつ高感度であって、集積回路を製造する際に通常使用される標準的な組立ラインにてパッケージ化することができる、大量生産に適した低コストな電流センサ、ならびに、その製造方法を提供することにある。

10 本発明の他の目的は、外乱磁束に対して十分なシールド効果を有する、パッケージ化可能な電流センサ、ならびに、その製造方法を提供することにある。

#### 発明の開示

上記の目的を達成するために、請求項 1 に係る本発明は、被測定電流が流れる金属導体部分上に磁気検出素子を設けた電流センサであって、前記被測定電流により生じる磁束を収束させる磁束収束板に近接して前記磁気検出素子を配置し、且つ、前記磁気検出素子の入出力端子を前記金属導体部分と同一面上に、もしくは、所定の段差をもった平面上に配置する。

請求項 2 に係る本発明は、請求項 1 に記載の電流センサにおいて、前記磁束収束板は、所定幅の間隙を有する一対の部材で構成される。

請求項 3 に係る本発明は、請求項 1 に記載の電流センサにおいて、さらに加えて、前記磁気検出素子が配置されていない前記金属導体部分の裏面に、第 1 の磁性体を設ける。

請求項 4 に係る本発明は、請求項 3 に記載の電流センサにおいて、さらに加えて、前記磁気検出素子が配置されている前記金属導体部分の上方に、第 2 の磁性体を設ける。

請求項 5 に係る本発明は、請求項 4 に記載の電流センサにおいて、前記被測定電流により形成される磁束の方向に沿った、前記磁束収束板の全長を  $\alpha$  とし、且つ、前記磁気検出素子における磁気検出面と、前記第 2 の磁性体との間の距離を  $X$  としたとき、 $0.1\alpha \leq X \leq 3.6\alpha$  の関係を満たすように、前記第 2 の磁性体の位置を設定する。

請求項 6 に係る本発明は、請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の電流センサにおいて、前記磁気検出素子が載置されている前記金属導体の幅を狭めることにより、前記磁気検出素子の検出感度を実質的に上げる。

請求項 7 に係る本発明は、被測定電流が流れる金属導体部分上に磁気検出素子を設けた電流センサの製造方法であって、前記被測定電流により生じる磁束を収束させる磁束収束板に近接して前記磁気検出素子を配置し、且つ、前記磁気検出素子の入出力端子を前記金属導体部分と同一面上に、もしくは、所定の段差をもった平面上に配置するに際して、一枚の平板状材料に対するエッチング処理および／またはプレス処理を用いて、磁気検出素子用リードフレームおよび前記金属導体部分を同時に一体形成するステップと、前記金属導体部分、前記リードフレーム、および、前記磁気検出素子を一体的に封止するステップと、を有する。

請求項 8 に係る本発明は、被測定電流が流れる金属導体部分上に磁気検出素子を設けた電流センサの製造方法であって、前記被測定電流により生じる磁束を収束させる磁束収束板に近接して前記磁気検出素子を配置し、且つ、前記磁気検出素子の入出力端子を前記金属導体部分と同一面上に、もしくは、所定の段差をもった平面上に配置するに際して、一枚の平板状材料に対するエッチング処理および／またはプレス処理を用いて、磁気検出素子用リードフレームおよび前記金属導体部分を同時に一体形成するステップと、前記磁気検出素子が配置されていない前記金属導体部分の裏面に第 1 の磁性体を設けるステップと、前記金属導体部分、前記リードフレーム、前記第 1 の磁性体、および、前記磁気検出素子を一体的に封止するステップと、を有する。

請求項 9 に係る本発明は、被測定電流が流れる金属導体部分上に磁気検出素子を設けた電流センサの製造方法であって、前記被測定電流により生じる磁束を収束させる磁束収束板に近接して前記磁気検出素子を配置し、且つ、前記磁気検出素子の入出力端子を前記金属導体部分と同一面上に、もしくは、所定の段差をもった平面上に配置するに際して、一枚の平板状材料に対するエッチング処理および／またはプレス処理を用いて、磁気検出素子用リードフレームおよび前記金属導体部分を同時に一体形成するステップと、前記磁気検出素子が配置されていない前記金属導体部分の裏面に第 1 の磁性体を設けるステップと、前記磁気検出素子が配置されている前記金属導体部分の上方に、第 2 の磁性体を設けるステップと、前記金属導体部分、前記リードフレーム、前記第 1 の磁性体、前記磁気検出素子、および、前記第 2 の磁性体を一体構造とするステップと、を有する。

請求項 10 に係る本発明は、請求項 9 に記載の電流センサ製造方法において、前記被測定電流により形成される磁束の方向に沿った、前記磁束収束板の全長を  $\alpha$  とし、且つ、前記磁気検出素子における磁気検出面と、前記第 2 の磁性体との間の距離を  $X$  としたとき、 $0.1\alpha \leq X \leq 3.6\alpha$  の関係を満たすように、前記第 2 の磁性体の位置を設定する。

請求項 11 に係る本発明は、請求項 7 ～ 10 のいずれかに記載の電流センサ製造方法において、前記磁気検出素子が載置されている前記金属導体の幅を狭めることにより、前記磁気検出素子の検出感度を実質的に上げる。

20

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、従来から知られている電流センサを示す説明図である。

図 2 A は、本発明の実施の形態 1 による電流センサを示す図である。

図 2 B は、本発明の実施の形態 1 による電流センサを示す図である。

図 3 A は、図 2 A および図 2 B に示した磁気センサチップ 20 をより詳細に示す図である。

25



図 3 B は、図 2 A および図 2 B に示した磁気センサチップ 2 0 をより詳細に示す図である。

図 3 C は、図 2 A および図 2 B に示した磁気センサチップ 2 0 をより詳細に示す図である。

5 図 4 A は、磁気センサチップ 2 0 の製造過程を示す説明図である。

図 4 B は、磁気センサチップ 2 0 の製造過程を示す説明図である。

図 5 A は、本発明の実施の形態 2 による電流センサを示す図である。

図 5 B は、本発明の実施の形態 2 による電流センサを示す図である。

10 図 6 A は、図 5 A および図 5 B に示した軟磁性体薄板（第 1 の磁性体） 5 0 の機能を示す説明図である。

図 6 B は、図 5 A および図 5 B に示した軟磁性体薄板（第 1 の磁性体） 5 0 の機能を示す説明図である。

図 6 C は、図 5 A および図 5 B に示した軟磁性体薄板（第 1 の磁性体） 5 0 の機能を示す説明図である。

15 図 7 は、本発明の他の実施の形態として、単一ホール素子 7 0 を備えた磁気センサチップを示す説明図である。

図 8 A は、本発明の実施の形態 3 による電流センサを示す図である。

図 8 B は、本発明の実施の形態 3 による電流センサを示す図である。

図 9 は、本発明の実施の形態 3 による電流センサを示す図である。

20 図 1 0 は、本発明の実施の形態 3 による電流センサを示す図である。

図 1 1 は、図 8 A、図 8 B、図 9 および図 1 0 に示した実施の形態において、外乱電流線を上下に動かした場合のシールド効果を示す図である。

図 1 2 A は、実施の形態 3 における特異領域の下限值を示す特性図である。

図 1 2 B は、実施の形態 3 における特異領域の下限值を示す特性図である。

25 図 1 2 C は、実施の形態 3 における特異領域の下限值を示す特性図である。

図 1 3 A は、実施の形態 3 における特異領域の上限値を示す特性図である。

図 1 3 B は、実施の形態 3 における特異領域の上限値を示す特性図である。

図 1 3 C は、実施の形態 3 における特異領域の上限値を示す特性図である。

図 1 4 は、実施の形態 3 における製造方法を示した説明図である。

図 1 5 A は、実施の形態 3 における製造方法を示した説明図である。

5 図 1 5 B は、実施の形態 3 における製造方法を示した説明図である。

図 1 5 C は、実施の形態 3 における製造方法を示した説明図である。

図 1 6 は、実施の形態 3 における製造方法を示した説明図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

##### 10 実施の形態 1

図 2 A は、本発明を適用した電流センサの全体構成を模式的に示した斜視図である。図 2 B は、図 2 A に示した電流センサの断面構成を模式的に示した図である。これら本図において、20 はホール素子などの磁気検出素子を含む磁気センサチップ、22 A ~ 22 C は被測定電流を流すための電流導体、24 A ~ 24 D はリードフレームである。このリードフレーム 24 A ~ 24 D と電流導体 22 A ~ 22 C は、後に詳述するように、一枚の金属薄板から形成される（図 4 A、図 4 B 参照）。26 は、各リードフレーム 24 A ~ 24 D と磁気センサチップ 20 を接続するためのボンディングワイヤである。また、M は、プラスチックモールドされる部分を示している。

20 図 3 A、図 3 B、図 3 C は、それぞれ、図 2 A に示した磁気センサチップ 20 をより詳細に示す斜視図、断面図、表面図である。これらの図に示すように、磁気センサチップ 20 全体は電流導体 22 C の上に載置されており、被測定電流により発生する誘導磁界の大きさを検出する。磁気センサチップ 20 の表面側（すなわち、センサチップ基板 32 から最も離れた側）には、2 つの磁束収束板 28 A、28 B が所定の間隔をおいて配置されている。これら 2 つの磁束収束板 28 A、28 B の下方（すなわち、センサチップ 32 側）であって且つ磁束密度が高

25

まる領域には、２つのホール素子 30 A, 30 B が置かれている。

この図 3 A, 図 3 B, 図 3 C から明らかなように、被測定電流により発生する誘導磁界は、一方の磁束収束板 28 A から一方のホール素子 30 A を介し、さらに、他方のホール素子 30 B および他方の磁束収束板 28 B を介して、磁気センサチップ 20 内を通過する。

なお、図示した磁気センサチップ 20 自体については、本出願における発明者が既に米国特許公報 (USP 第 5, 942, 895 号: "MAGNETIC FIELD SENSOR AND CURRENT AND/OR ENERGY SENSOR", Popovic et al.) に開示してある。この磁気センサチップ 20 を具備することにより、金属導体表面近傍に生じる (導体表面に水平な方向の) 磁束を効率良く検出し、感度の良い電流センサが実現できる。

図 4 A および図 4 B は、図 2 A, 図 2 B および図 3 A, 図 3 B, 図 3 C に示した磁気センサチップ 20 の製造過程を説明するための図である。図 4 A に示すように、複数チップ分の電流導体 22 A ~ 22 C とリードフレーム 24 A ~ 24 D は、一枚の金属薄板をエッチングまたはプレスすることにより同時に形成される。その結果、複数チップ分の電流導体 22 A ~ 22 C とリードフレーム 24 A ~ 24 D を同時に製造することが可能となる。１つのチップ領域から切り取られた加工済み金属薄片は、最終的には、図 4 B に示すような外観となる。換言すると、図 4 B に示すチップ外観図は、先に説明した図 2 A (斜視図) と一致している。

本実施の形態による電流センサにおいて、被測定電流が流れる電流導体部分 22 C は、磁気センサチップの端子が接続されるリードフレーム 24 A ~ 24 D と同一平面上に構成される。あるいは、ワイヤボンディングを容易にするために、磁気センサチップ 20 が載置されている電流導体面 22 C をプレス加工により、チップ厚さ程度だけ下げることが可能である。このため、従来の集積回路用リー

ドフレームを製造するのと同様に、一枚の平板状材料からエッチングやプレス等の手法を用いて、電流の流れる導体部と他のリードフレーム部を同時に一体形成でき、低コストで大量生産性を実現できる。

(実施例)

5 以下、図 2 A に対応した実施例を説明する。

金属薄板（図 4 A 参照）として厚さ 0.4 mm の銅板を用い、電流導体 22 A ~ 22 C およびリードフレーム 24 A ~ 24 D を一体形成した。既述の通り、図 4 A は、複数個分のチップがつながった状態を示しており、通常集積回路用リードフレームと全く同様の工程で、容易かつ大量に製造することができた。その結果、図 4 B に示すように、上記リードフレームを用いて、集積回路用のプラスチックモールドで形成した電流センサを構成することができた。

磁気センサチップ 20 が載る電流導体中央部の幅は約 2 mm、プラスチックモールドの外側部分の幅は約 5.5 mm であり、最大 2.5 A の電流を連続通電することができた。磁気センサチップ 20 には、図 3 B、図 3 C に示したホール A S I C を用いた。このホール A S I C は、集積回路のダイスボンディングに用いられる絶縁性接着テープによって、電流導体のアイランド部へ固定した。このホール A S I C は、図 3 B、図 3 C に示すように、ギャップによって隔てられた一対の磁束収束板（軟磁性体薄膜）28 A、28 B を持ち、各々の磁束収束板直下に各ホール素子を配置した。電流導体 22 C に電流が流れると、図 3 A ~ 図 3 C に示したように、電流導体表面に水平な磁束が発生するが、この磁束はホール A S I C チップ表面の一方の磁束収束板 28 A を通り、磁束収束板ギャップ部にて円弧状の軌跡を描き、磁束収束板直下の各ホール素子を貫いて他方の磁束収束板 28 B に吸い込まれる。磁束が通過する各ホール素子では、その磁束密度に比例した起電力を生じる。その磁束密度は、電流導体を流れる電流強度に比例するので、結果として、流れる電流強度に比例した起電力がホール素子から発生し、電流強度の検出ができる。

この実施例では、電流に対する感度として、1アンペアの被測定電流あたり、ホール素子部に約12ガウスの磁束密度を発生させることができた。

### 実施の形態2

図5Aおよび図5Bは、他の実施の形態による電流センサの全体構成を示した模式的斜視図である。本図は、図2の構成に加えて、軟磁性体薄板50を電流導体22Cの下部（すなわち、磁気センサチップ20と反対側）に貼りつけたものである。

図6A、図6B、図6Cは、図5A、図5Bに示した軟磁性体薄板50の機能を示す説明図である。

これら図5A、図5Bおよび図6A、図6B、図6Cに示すように、電流導体のアイランド部として構成された金属導体22Cの裏面に高透磁率・高飽和磁束密度・低保磁力の軟磁性体薄板50を貼り付けることで、外部から入射する外来磁束がこの軟磁性体薄板50に吸い込まれて通過することにより、外来磁束による影響を低減することができる。加えて、この軟磁性体薄板50は、被測定電流によって生じる磁束を収束・増幅する効果も併せ持つため、電流センサの感度を更に良くすることができる。

なお、これまで説明してきた実施の形態1、2では、2つの磁束収束板28A、28Bの下に2つのホール素子30A、30Bを配置したが、これら2つのホール素子30A、30Bの替わりに、図7に示すような、単一ホール素子70を配置することも可能である。この場合には、図7に示すように、2つの磁束収束板28A、28Bおよびその間隙部にまたがって、単一ホール素子70を配置する。

図7に示した単一ホール素子70自体については、本出願における発明者が既に米国特許公報（USP第5,942,895号：“MAGNETIC FIELD SENSOR AND CURRENT AND/OR ENERGY SENSOR”，Popovic et al.）に開示してある。

また、磁気センサチップとしては、チップ表面における水平方向の磁束に対して良好な感度を持つものであればホール素子に限らず、磁気抵抗素子、GMRでも構わない。

#### (実施例)

5 次に、図5A、図5Bに対応した実施例を説明する。

軟磁性体薄板50として、本実施例では、厚さ0.35mm、縦10mm×横7mmの軟磁性体薄板を用いた。そして、電流導体裏面に、既述のホールASICをアイランド部へ貼り付ける際に使用したものと同様な絶縁性接着テープにて貼り付けた。その結果、この軟磁性体薄板50を貼り付けない場合と比較して、  
10 被測定電流に対する感度は約1.8倍に向上し、且つ、図6A、図6Bに示すような外来磁束に対する感度を約1/8に減少させることができた。

#### 実施の形態3

図8Aは、第3の実施の形態による電流センサの全体構成を示した模式的斜視図である。本実施の形態3は、図5Aの構成に加えて、電流導体のアイランド部  
15 22Cに載置した磁気センサチップ20の上方に、第2の磁性体（シールド板）51を配置した。

図8Bは、図8Aに示した第2の磁性体51の機能を示す説明図である。磁気センサチップ20の上部に、高透磁率、高飽和磁束密度、低保磁率を有する磁性体（シールド板）を配置することにより、外部から入射する外乱磁束が第2の磁  
20 性体51（シールド板）に吸い込まれて通過する。このことにより、外乱磁束による影響を低減できる。図8Bでは、図6Bのような、第1の磁性体50による外来磁束のシールド作用を示す表現は省略した。

図9および図10は、実施の形態3における主要要素を拡大して示した説明図である。厳密には、中心を横切る断面を表しているが、CおよびGは磁性体板の  
25 全長（断面での長さの2倍）を表している。

図9において、ホール素子等を用いた磁気検出素子の感磁面と、磁束収束板の

底面がある位置は、ほぼ同じである。その位置から、第2の磁性体51の底辺までの距離をXとする。被測定電流により形成される被測定磁界の流れる方向に沿って、2つある磁束収束板28A、28Bと間隙をあわせた磁束収束板全体の長さを $\alpha$ とする。

- 5 図8Bおよび図9において、磁気シールド効果を保ちつつ十分な検出感度を得るためには、 $0.1\alpha \leq X \leq 3.6\alpha$ なる条件を満たす領域が有効である。第1の磁性体と磁束収束板とで被測定磁界が磁路を形成する領域、すなわち、第2の磁性体（シールド板）51による“磁束の引き込み”が被測定電流による被測定磁束ではなく外乱磁束が主となる実用的な特異領域は、上記の条件  $0.1\alpha \leq$   
10  $X \leq 3.6\alpha$ を満たす領域である。ここで、下限値が $0.1\alpha$ である理由は、後に図12A～図12Cを参照して詳細に説明する。また、上限値が $3.6\alpha$ である理由は、後に図13A～図13Cを参照して詳細に説明する。この特異領域において、磁気検出感度を1以上に増幅させながら、顕著なシールド効果を得ることができる。

- 15 なお、図8Aおよび図8Bにおいて、第1の磁性体50および第2の磁性体51は、モールド樹脂の内側のみに限定しない（モールド樹脂の表面にあってもよく、あるいは、モールド樹脂の外側にあってもよい）。

- 図11は、図8A、図8B、図9および図10に示した実施の形態において、外乱電流線を上下に動かした場合の磁気シールド効果を示した数値解析結果である。  
20 る。

図10において、第2の磁性体51のサイズは、厚さ $F = 0.35\text{ mm}$ 、縦 $G = 10\text{ mm}$ 、横 $E = 7\text{ mm}$ である。第1の磁性体50のサイズは、厚さ $B = 0.35\text{ mm}$ 、縦 $C = 10\text{ mm}$ 、横 $A = 7\text{ mm}$ である。

- この解析では、第2の磁性体51の上方に、磁気センサチップの真上を横切る  
25 ように、外乱電流線を配置して上下に動かした。これは、被測定磁界に外乱を最も大きく与えるケースである。

図 1 1 には、“実施の形態 1”と“実施の形態 2”による磁気シールド効果を参考として併記した。また、数値解析（実線）による結果のほかに、実際の測定値（プロット点付き点線）も併記した。

5 実際の測定においては、電流センサの出力値を市販のデジタルボルトメータで読み取った。外乱の程度を調べるために検出感度を算出する必要があるので、被測定電流と外乱電流は共に 2.5 アンペアを基本量とした。外乱電流線のサイズは、直径 3 mm ないし 5 mm のものを用いた。

図 1 1 の横軸は、外乱電流線の中心からホール素子の感磁面までの距離  $X$ （単位：mm）である。パッケージ表面からホール素子までの距離は、パッケージ試  
10 作時の設計寸法から算出した。図 1 1 の縦軸は、出力変動（%）を示す。ここでは、外乱が無いときの検出感度  $[mV/A]$  と、外乱電流線までの距離に対応した検出感度  $[mV/A]$  を算出し、これら検出感度に基づき、外乱磁束に起因した“センサ出力の変動”を求めた。

数値解析には、市販の磁場解析ツールを用いた。外乱電流線には理想的な DC  
15 線電流が流れるものと仮定した。そして、外乱が無い場合と有る場合の両方について、試作したホール素子の感磁面を横切る磁束を数値解析にて求め、後処理として感磁面全体の平均磁束密度を算出し、その結果から、外乱による“センサ出力の変動”を求めた。

図 1 1 から明らかなように、実際の測定値に対して数値解析の結果は、よく再  
20 現されている。 $X$  が小さい領域について着目すると、実施の形態 1、実施の形態 2、実施の形態 3 の順で、外乱に対する誤差が格段に低減されるのが判る。試作パッケージの上側表面に外乱電流線を近づけた場合、実施の形態 3 では、センサの出力変動が 1 % 以下であった。

さて、感度のある値レベルに保ちながら、磁気シールド効果を得る必要があ  
25 る。そこで、第 2 の磁性体を配置して感度と磁気シールド効果の両方を満たす、実用的な距離  $X$  の範囲を決める。ここで、磁束収束板と第 1 の磁性体との間で磁



路を形成する上で大切な、被測定電流による誘導磁界を強くする電流導体幅  $L$  と、誘導磁界を検出する磁束収束板の全体長  $\alpha$  と、磁束収束板を含む磁気センサチップ 20 に近接する第 2 の磁性体のサイズ（幅  $E$ 、厚さ  $F$ ）を組み合わせ、それぞれについて距離  $X$  を変えた磁場解析を実施した。

- 5      以下では、電流導体の高さ  $T = 0.4 \text{ mm}$ 、磁気検出素子から電流導体中心までの距離、および、第 1 の磁性体の形状（サイズ、幅  $A = 7 \text{ mm}$ 、厚さ  $B = 0.35 \text{ mm}$ ）、磁気検出素子の感磁面から第 1 の磁性体上面までの距離を一定値とした。まず、特異領域の下限を求める。

- 10      図 12A、図 12B および図 12C は、図 11 に示した数値計算で用いた磁気回路モデルを使い、磁場解析を行って求めた感度曲線を表している。具体的には、図 12A では第 2 の磁性体 51 におけるサイズ（幅  $E$ 、厚さ  $F$ ）を変えた場合、図 12B では電流導体の幅  $L$  を変えた場合、図 12C では  $\alpha$ （磁束収束板の全長：図 10 参照）を変えた場合について、感度特性を示している。ここで、横軸は、第 2 の磁性体 51 の底辺からホール素子の感磁面までの距離  $X$ （単位：  
15       $\alpha$ ）である。縦軸は、第 1 の磁性体 50 と第 2 の磁性体 51 とが無い場合（実施の形態 1：図 2A 参照）の感度を 1 としたとき、 $X$  に対する相対感度を示したものである。

- 20      図 12A においては、 $\alpha = 1.74 \text{ mm}$ 、電流導体幅  $L = 1.149 \alpha$  ( $2 \text{ mm}$ )、高さ  $T = 0.229 \alpha$  ( $0.4 \text{ mm}$ ) とした（図 10 参照）。また、第 1 の磁性体シールド板 50 として、厚さ  $B = 0.201 \alpha$  ( $0.35 \text{ mm}$ )、縦  $C = 5.747 \alpha$  ( $10 \text{ mm}$ )、横  $A = 4.022 \alpha$  ( $7 \text{ mm}$ ) とした（図 10 参照）。第 2 の磁性体 51 として、厚さ  $F = 0.201 \alpha$  ( $0.35 \text{ mm}$ )、縦  $G = 5.747 \alpha$  ( $10 \text{ mm}$ )、横  $E = 4.022 \alpha$  ( $7 \text{ mm}$ ) とした（図 10 参照）。このときの感度特性を実線で示してある。また、厚さ  $F = 0.0287 \alpha$   
25      ( $0.05 \text{ mm}$ )、 $F = 0.574 \alpha$  ( $1 \text{ mm}$ ) と変化させ、幅  $E = 1.149 \alpha$  ( $2 \text{ mm}$ )、 $E = 2.298 \alpha$  ( $4 \text{ mm}$ )、 $E = 4.022 \alpha$  ( $7 \text{ mm}$ )、 $E =$

4.  $885\alpha$  ( $8.5\text{ mm}$ ) と変化させてみたが、感度特性は実線とほとんど同じであった (図 1 2 A には図示せず)。

図 1 2 A において、感度 1 上の点線は “実施の形態 1” に対応し、感度 1.8 付近の点線は “実施の形態 2” に対応している。実線は、厚さ  $F = 0.201\alpha$  ( $0.35\text{ mm}$ )、縦  $G = 5.747\alpha$  ( $10\text{ mm}$ )、横  $E = 4.022\alpha$  ( $7\text{ mm}$ ) である “実施の形態 3” に対応している。横  $E$  が大きくなると、絶対的な感度は低下傾向にある。横  $E$  が大きくなるにつれて感度は低下するが、その変化は小さくなり、横  $E = 2.298\alpha$  ( $4\text{ mm}$ ) 位からほとんど変わらないことが分かった (図 1 2 A には図示せず)。また、厚み  $F$  を変えても変化は微小である。

10 図 1 2 A に示した例では、 $X = 0.23\alpha$  付近において、検出感度が 1 である。試作パッケージでの上側表面に第 2 の磁性体 5 1 を配置したケースでは、 $X = 0.681\alpha$  であり、検出感度は 1.53 であった。

図 1 2 B は、電流導体の幅を狭めた場合における、感度特性を示す。

15 図 1 0 において、基本として、 $\alpha = 1.74\text{ mm}$ 、電流導体幅  $L = 1.149\alpha$  ( $2\text{ mm}$ ) に設定した。また、第 1 の磁性体 5 0 として、厚さ  $B = 0.201\alpha$  ( $0.35\text{ mm}$ )、縦  $C = 5.747\alpha$  ( $10\text{ mm}$ )、横  $A = 4.022\alpha$  ( $7\text{ mm}$ ) とした。第 2 の磁性体 5 1 については、厚さ  $F = 0.201\alpha$  ( $0.35\text{ mm}$ )、縦  $G = 5.747\alpha$  ( $10\text{ mm}$ )、横  $E = 4.022\alpha$  ( $7\text{ mm}$ ) とした。

20 電流導体の幅  $L = 1.149\alpha$  ( $2\text{ mm}$ )、 $L = 0.574\alpha$  ( $1\text{ mm}$ )、 $L = \text{極限}$  として線電流、の 3 パターンについて計算した。 $L = 2\text{ mm}$ 、 $1\text{ mm}$  の時の電流導体の高さ  $T$  は一定 ( $0.4\text{ mm}$ ) である。極細の電流導体の極限として線電流による検討も行った。実施の形態 2 での絶対感度は、電流導体の幅  $L = 1.149\alpha$  ( $2\text{ mm}$ ) のときを 1 とすると、 $L = 0.574\alpha$  ( $1\text{ mm}$ ) のとき  
25 には 1.26 倍、線電流のときには 1.37 倍に向上する。しかし図 1 2 B では、各電流幅  $L$  毎の実施の形態 1 を基準として、 $X$  を変化させた時の相対感度を

同一スケール上に実線でプロットした。相対感度 1.8 付近、相対感度 1.7 付近、相対感度 1.6 付近に示した点線は、この順に電流導体の幅を狭めた場合の各実施の形態 2 での感度を示す。

電流導体の幅を狭めて、被測定磁界の強度を増やした場合も、本例では、何れ  
5 も  $X = 0.23\alpha$  付近で感度 = 1 であった。

図 12C は、磁束収束板全体の長さ  $\alpha$  を広げた場合の感度特性を示す。 $\alpha = 3.04\text{ mm}$  である。比較のために、 $\alpha = 1.74$  での曲線も併記した。ここでは、電流導体の幅  $L = 1\text{ mm}$  とし、第 1 の磁性体 50 は厚さ  $B = 0.35\text{ mm}$ 、縦  $C = 10\text{ mm}$ 、横  $A = 7\text{ mm}$  であり、第 2 の磁性体 51 は厚さ  $F = 0.35\text{ mm}$ 、縦  $G = 10\text{ mm}$ 、横  $E = 7\text{ mm}$  を基本データとした。  
10

“実施の形態 1 (図 2A, 図 2B 参照)” での絶対感度は、磁束収束板全体の長さ  $\alpha = 1.74\text{ mm}$  のとき 1 とすると、 $\alpha = 3.04\text{ mm}$  では本例では相対的に 2.4 倍に向上した。本例では、各  $\alpha$  毎の実施の形態 1 を基準として、 $X$  を変化させた時の相対感度を同一図面上に実線でプロットした。相対感度 1.7 付近、および、相対感度 1.8 付近での点線は、この順に磁束収束板全体の長さ  $\alpha$  を広げた場合における“実施の形態 2”での相対感度である。  
15

$\alpha = 3.04\text{ mm}$  の場合、電流導体の幅  $L = 0.328\alpha$  (1 mm) であり、第 1 の磁性体 50 は厚さ  $B = 0.115\alpha$  (0.35 mm)、縦  $C = 3.289\alpha$  (10 mm)、横  $A = 2.302\alpha$  (7 mm) である。第 2 の磁性体 51 も同寸法である。  
20

図 12C において、実施の形態 1 での感度に相応する相対感度 = 1 となる  $X$  の最小値は、 $X = 0.13\alpha$  付近である。さらに、 $E = 1.315\alpha$  (4 mm)、 $F = 0.0164\alpha$  (0.05 mm) とした。感度が上がり、 $\alpha$  の下限としては小さくなる方向だが、計算では、 $X$  の下限は  $0.13\alpha$  であった。以上から、実  
25 用的な  $X$  の下限は、 $0.1\alpha$  とした。

次に、特異領域の上限を求める。

図13A、図13Bおよび図13Cは、第2の磁性体51によるシールド効果を検討するために、図11に示した数値計算で用いた磁気回路モデルを使って、磁場解析を行ったものである。

感磁面から約22mmほど離れた一定位置に外乱電流線を配置し、磁気センサ  
5 チップ20と外乱電流線の間で第2の磁性体51を上下に動かした。これら図面の横軸は、第2の磁性体51の底辺からホール素子までの距離X（単位： $\alpha$ ）である。縦軸は、第1の磁性体50を備えた“実施の形態2（図5A、図5B参照）”でのホール素子の感磁面を通る磁束密度（すなわち、感度）を1として、距離Xを変えたときの相対感度を示す。より正確に述べると、各磁束収束板の形  
10 状（サイズ）、各電流導体の形状（サイズ）、各磁性体の形状（サイズ）の組み合わせ毎において、磁気検出素子の感磁面を通る磁束密度を基に、相対感度（出力の変化）を示したものである（“実施の形態2”での磁束密度（すなわち、感度）を1として）。

感磁面での磁束密度は、外乱電流による外乱磁束と、被測定電流による被測定  
15 磁界とを合算した値として求められる。このとき、第2の磁性体51においては、その位置により、感磁面に対して磁束の引き込み現象、換言すると、磁束の引き込み現象が顕著となる。

図13Aから明らかなように、第2の磁性体51の横E、厚みFを変えることで、磁束の引き込みの程度が変わることが読み取れる。パラメータを変えたときの  
20 の磁束引き込み差（すなわち、縦軸の値の差）は、シールド効果の違いに相当する。

図13Aにおいては、 $\alpha = 1.74 \text{ mm}$ 、電流導体の幅 $L = 1.149 \alpha$ （2 mm）、高さ $T = 0.229 \alpha$ （0.4 mm）とし、第1の磁性体50は、厚さ $B = 0.201 \alpha$ （0.35 mm）、縦 $C = 5.747 \alpha$ （10 mm）、横 $A =$   
25  $4.022 \alpha$ （7 mm）とした。第2の磁性体51の厚さFを $F = 0.0287 \alpha$ （0.05 mm）～ $0.574 \alpha$ （1 mm）として、横Eについて $E = 2.2$

9 8  $\alpha$  (4 mm) ,  $E = 4.022 \alpha$  (7 mm) ,  $E = 4.885 \alpha$  (8.5 mm) としたときの感度変化を示す。点線で表された  $E = 2.298 \alpha$  (4 mm) より大きいサイズ（実線）では、磁束の引き込み効果に差がなく、従って磁気シールド効果に差が無い。本図から明らかなように、磁気シールド効果は、3.6  $\alpha$  付近以下で顕現してくる。

図 13 B は、電流導体の幅を狭めた場合の、磁気シールド効果を示す。 $\alpha = 1.74$  mm として、第 1 の磁性体 50 は、厚さ  $B = 0.201 \alpha$  (0.35 mm) , 縦  $C = 5.747 \alpha$  (10 mm) , 横  $A = 4.022 \alpha$  (7 mm) とし、第 2 の磁性体 51 は、厚さ  $F = 0.201 \alpha$  (0.35 mm) , 縦  $G = 5.747 \alpha$  (10 mm) , 横  $E = 4.022 \alpha$  (7 mm) とした。

電流導体の幅  $L = 1.149 \alpha$  (2 mm) ,  $L = 0.574 \alpha$  (1 mm) ,  $L =$  極限として理想的な線電流、の 3 パターンについて計算した。幅  $L$  が 2 mm, 1 mm では、電流導体の高さ  $T$  は一定 (0.4 mm) である。線電流の中心は、実際の断面積をもつ場合の中心位置と同じ位置にした。極細の電流導体の極限として、線電流についても検討した。

“実施の形態 2 (図 5 A, 図 5 B 参照)” における絶対感度は、電流導体の幅  $L = 1.149 \alpha$  (2 mm) のとき 1 とすると、 $L = 0.574 \alpha$  (1 mm) では 1.26 倍、理想的な線電流では 1.37 倍と向上する。しかし、図 13 B では、各電流幅ごとに実施の形態 2 での感磁面での磁束密度（感度）を 1 とした時に  $X$  を変えたときの相対感度を、同一図面上に実線および点線で重ねて描いてある。点線は  $L = 1.149 \alpha$  (2 mm) のときの特性を示し、菱形記号付実線は  $L = 0.574 \alpha$  (1 mm) のときの特性を示し、\* 記号付実線は線電流のときの特性を示す。

図 13 B から明らかなように、電流導体の幅を狭めて被測定磁界の強度を増した場合も、本例では、何れも  $X = 3.6 \alpha$  付近で磁気シールド効果が顕現してくるのが判った。

図 1 3 C は、磁束収束板全体の長さ  $\alpha$  を広げた場合の磁気シールド効果を示す。ここでも、外乱電流線の位置はホール素子の感磁面から上方約 2 2 mm に固定した。

まず、電流導体の幅  $L = 1 \text{ mm}$  とし、第 1 の磁性体 5 0 は厚さ  $B = 0.35 \text{ mm}$ 、縦  $C = 10 \text{ mm}$ 、横  $A = 7 \text{ mm}$  であり、第 2 の磁性体 5 1 は厚さ  $F = 0.35 \text{ mm}$ 、縦  $G = 10 \text{ mm}$ 、横  $E = 7 \text{ mm}$  とした。

図 1 3 C では、各  $\alpha$  毎の実施の形態 2 を基準として、 $X$  を変化させた時の相対感度を、同一図面上に実線および点線で重ねて描いた。点線は  $\alpha = 1.74 \text{ mm}$  のときの特性を示し、実線は  $\alpha = 3.04 \text{ mm}$  のときの特性を示す。

10  $\alpha = 3.04 \text{ mm}$  の場合、電流導体の幅  $L = 0.328 \alpha (1 \text{ mm})$  となり、第 1 の磁性体 5 0 は厚さ  $B = 0.115 \alpha (0.35 \text{ mm})$ 、縦  $C = 3.289 \alpha (10 \text{ mm})$ 、横  $A = 2.302 \alpha (7 \text{ mm})$  と表現される。さらに、 $E = 1.315 \alpha (4 \text{ mm})$ 、 $F = 0.0164 \alpha (0.05 \text{ mm})$  とした。これは、 $\alpha$  の上限としては下がる方向なので、 $X = 3.6 \alpha$  が  $X$  の上限である。

15 図 1 3 C から明らかなように、磁気シールド効果は、最大  $X = 3.6 \alpha$  付近から顕現してくる。以上から、実用的な  $X$  の上限は  $3.6 \alpha$  とした。

ここで、 $\alpha$  と  $X(\alpha)$  との関係に触れる。横軸を  $\alpha$  の実寸 (単位: mm) で表し、縦軸を特異領域の  $X$  の上限・下限 (単位:  $\alpha$ ) で表す時、 $X$  の上限は、 $\alpha = 1.2 \sim 3.5 \text{ mm}$  付近では、 $\alpha$  によらず  $X$  が一定である ( $X = 3.6 \alpha$ )。  $X$  の下限は、 $\alpha = 1.2 \sim 3.5 \text{ mm}$  付近では  $\alpha$  が大きくなると、 $0.1 \alpha$  からさらに  $0.1 \alpha$  以下となり得る。 $\alpha$  がもっと大きい領域では、 $X$  の下限は 0 に近づく。 $\alpha$  がもっと小さい領域では、 $X$  の下限は、 $0.23 \alpha$  より大きくなる。

25 なお、これまでの説明は線電流による“外乱電流”が有ることを想定して行ったが、線電流以外の“外乱電流”もしくは外乱磁界、あるいは外乱電流の代わりに、外部磁性体等による磁界の外乱に対しても、同様なシールド効果が得られる。

また、これまで説明してきた実施の形態 3 では、先に説明した実施の形態 1, 2 と同様、2つの磁束収束板 28 A, 28 Bの下に2つのホール素子 30 A, 30 Bを配置したが、これら2つのホール素子 30 A, 30 Bの替わりに、図 7 に示すような、単一ホール素子 70 を配置することも可能である。この場合には、  
5 図 7 に示すように、2つの磁束収束板 28 A, 28 B およびその間隙部にまたがって、単一ホール素子 70 を配置する。

図 7 に示した単一ホール素子 70 自体については、本出願における発明者が既に米国特許公報 (USP 第 5, 942, 895 号: “MAGNETIC FIELD SENSOR AND CURRENT AND/OR ENERGY  
10 SENSOR”, Popovic et al.) に開示してある。

磁気センサチップとしては、チップ表面における水平方向の磁束に対して良好な感度を持つものであれば、磁気検出素子はホール素子に限らず、磁気抵抗素子、GMR でも構わない。

かくして、第 3 の実施の形態によれば、第 2 の磁性体 51 にシールド効果を持たせると同時に、磁束収束板と第 1 の磁性体 50 による磁路を形成することにより十分な感度を得ることができる。すなわち、磁気シールドを行う際に、被測定磁束が磁気シールドにより、磁気検出素子からそらされない磁気シールド構成を実現することができる。

#### (実施例)

20 次に、上記“実施の形態 3”に対応した実施例を説明する。

図 14 は、電流センサの上面図の一例である。本図においては、磁束収束板 28 A, 28 B を有する磁気検出部を符号 20 で、第 2 の磁性体 51 の幅 E を符号 81, 長さ G を符号 82 で、磁束収束板 28 A, 28 B を有する磁気検出部 20 の全体長  $\alpha$  を符号 85 で、電流が流れる方向の長さを符号 86 で、それぞれ示している。なお図 14 では、第 1 の磁性体 50 の各寸法を省略してある。  
25

図 14 に示した本実施例では、磁束収束板 28 A, 28 B が占める領域のうち

磁気検出部の全体長 $\alpha$ である85は、約1.7mm～約3mmとした。

第2の磁性体51の幅81、長さ82および厚み83は、ある程度の大きさを持てば十分な磁気シールド効果があり、その選択にはある程度の余裕がある。例えば、幅81は7mm、長さ82は10mm、厚さ83は0.35mmとすれば  
5 よい。第1の磁性体50も、磁気シールド効果および磁気ヨークとして機能させる際、同程度の効果を得るのに選択の幅がある。例えば、幅は7mm、長さは10mm、厚さは0.35mmとすればよい。

磁気センサチップ20の上下に配置した2つの磁性体50、51は、同じ形状・サイズに限定されない。また、各磁性体50、51は、薄板形状に限定され  
10 るものではない。

本発明の本質は、少なくとも2枚の磁性体50、51をそれぞれ適切な位置に配置して、電流導体22Cおよび磁気センサチップ20を挟み込む構造とすることにあるので、本実施例によれば、測定感度と磁気シールド効果をバランスをとりながら実現させることができる。既に詳述したように、第2の磁性体51と  
15 ホール素子等の磁気検出素子の感磁面との距離Xが重要である。

通常、電流導体22Cおよび磁気センサチップ20の中心と、第1の磁性体50、第2の磁性体51の中心が上方からみて一致するように配置されるが、実際にはある程度のずれが相互に合っても十分な磁気シールド効果を有する。

第2の磁性体51は、磁束収束板を含む磁気センサチップの被測定電流方向の長さ86、全体長 $\alpha$ 85に対して余裕のある大きさであれば、被測定磁界と直角な方向（電流の流れる方向）に大きくずれても、測定感度および磁気シールド効果に大きな変化はない。被測定磁界92と平行な方向のずれに関していえば、  
20 0.1mm程度の精度があれば十分である。

このように、モールドパッケージの上面からみて、第2の磁性体51が磁束収束板を含む磁気検出部をある程度大きめに覆っていれば、上面から見たときの磁性体の位置ずれに精密さを求めずに、所定の測定感度および磁気シールド効果を  
25



実現することができる。

パッケージの上側・下側・横側に配置された、感磁面に平行・直角な電流線のほか、外部からの平行磁界、外部の磁性体などによる磁界の乱れにも、磁気シールド効果を発揮する。

- 5      例えば、第1の磁性体50（縦10mm×横7mm×厚み0.35mm）のみを有する実施の形態2の場合において、同じ形状（サイズ）の別の第1の磁性体50を電流センサの上方に配置したときは、距離が上方約10mmより近づくと、センサ出力変動率は1%を超えるようになる。

- 10      このように、近接した磁性体による外乱に対しても、第2の磁性体51により、顕著な磁気シールド効果が得られる。

- 第1の磁性体50および第2の磁性体51は、電流導体および磁気センサチップに平行に配置されているが、例えば、第1の磁性体50および第2の磁性体51がハの字状の関係にあって、その間に電流導体・磁気センサチップがある場合でも、磁気シールド効果が得られる。同様に、第1の磁性体50および第2の磁性体51が平行であって、その中の電流導体および磁気センサチップの配置が第15      1の磁性体50、第2の磁性体51に対して平行でなくて傾斜があった場合でも、磁気シールド効果が得られる。

また、磁気センサチップ20と電流導体22Cを挟む磁性体は、上下に一枚づつと限定するものではない。

- 20      第2の磁性体51の厚さが極端に薄いことに起因して磁気シールド効果が落ちるような場合にも、複数枚の磁性体を上下に重ねることにより、磁気シールド効果を向上させることが可能である。

- 第2の磁性体51のサイズE、G（図10参照）が小さい場合には、複数枚の磁性体を水平に並べることにより、磁気シールド効果を向上させることができ  
25      る。

本実施例では、磁性体の2層構造を採ることにより、外部の磁束に対する磁気

シールド効果だけでなく、電流センサ内部からセンサ周辺外部に対しても磁束を漏洩しにくくする効果を有する。

次に、図15A～図15Cを参照しながら、実施の形態3の製造方法について説明する。図では、DIP型で表現されているが、これに限定されない。例えば、SOP型のような表面実装型のパッケージでもよい。また、測定端子の脚の形状、曲げ方は図のような形状に限定されない。本例では、第1の磁性体は、例えば電流導体22Cに最近接させられた状態でモールドパッケージに組み込まれた場合を示す。ここでは、始めからモールドパッケージに第2の磁性体51が組み込まれていない場合の製造方法について説明する。

- 10 第2の磁性体（シールド板）51をモールドパッケージの上表面に配置する場合、接着剤・樹脂等またはカバー等にて固着する。

モールドパッケージの上表面から持ち上げた状態で第2の磁性体（シールド板）51を装着する場合は、厚さが正確に制御された非磁性体によるスペーサを挿入して、接着剤・樹脂等またはカバー等にて固着する。または、非磁性スペーサそのもので固定してもよい。

モールドパッケージの上表面よりも下方に第2の磁性体（シールド板）51を装着する場合は、例えば産業用治具を用いて、電流導体22C、磁束収束板を含む磁気センサチップ20、第1の磁性体50と略平行に、掘り込み面を掘り下げる。図15Aは、モールドパッケージの上表面を掘り下げた例である。

- 20 図15Bは、掘り下げた穴に第2の磁性体51を挿入した図である。

図15Cは、第2の磁性体51を挿入した後に、蓋をした例である。蓋は板状のものに限定せず、樹脂・繊維等を薄く塗ることにより、蓋代わりにしてもよい。

あるいは、掘り下げ方として、モールドパッケージを作成する際、アイランド  
25 上面部に後から軟磁性体を挿入できるように、初めからモールド金型に凹面を形成しておく。

第1の磁性体50および第2の磁性体51として板状磁性体を使う場合は、センサ組み立てが簡単である。すなわち、わざわざ折り曲げて挿入する工程が不要となるので、平板の方が工作上優位である。

図16は、第2の磁性体51を始めから組み込んだ電流センサの製造方法を示す。本図は、電流センサ成型器の断面を示している。モールド金型は、成型器に  
5 対応している。モールド金型底部には、例えば、図示したような突起部91A、91Bを設け、第2の磁性体51をモールド金型底部に入れ、突起部91A、91Bにて金型底面から浮かせる。

なお、突起部91A、91Bは、必ずしも図16のような形状に限定されない。  
10 い。例えば、91A、91Bの代わりに、横に伸びた棒状の形状でもよい。

電流導体22Cには磁束収束板28A、28Bを含む磁気センサチップがダイボンディング済みである。また、第1の磁性体50も電流導体22Cに固着されている。リードフレーム24A~24Dと電流導体22A~22Cとは、一体的  
15 に形成されているので（図4A参照）、リードフレームと電流導体ごと上下逆さにしてモールド金型上に配置されている。磁気センサチップと測定端子の間はワイヤーボンディングされている。図16では、タイバーが入る溝穴が描かれているが、タイバーの位置にくるリードフレームは省略されている。

図16に示された状態において、モールド樹脂をモールド金型に流し込む。キュア後、モールド金型から取り出されたモールドパッケージには、上面（あ  
20 るいは横面）に、第2の磁性体板51をモールド金型内に支持したときの孔が開くこととなる。そこで、必要に応じて、塗装・樹脂・繊維・接着剤・蓋等でこの孔をふさぐ。

以上により、モールドパッケージ内に、電流導体と磁束収束板を含む磁気センサチップを挟むように配置された、2つの磁性体50、51を有する電流センサ  
25 の量産が可能になる。

## 産業上の利用可能性

以上説明した通り、本発明によれば、小型かつ高感度であって、集積回路を製造する際に通常使用される標準的な組立ラインにてパッケージ化することができる、大量生産に適した低コストな電流センサ、ならびに、その製造方法を実現することができる。

また本発明によれば、アイランド部裏面に第1の磁性体を付加することで、量産性を犠牲にすることなく、外来磁束による影響を有効に低減し、かつ感度を向上させることができる。

さらに本発明によれば、第2の磁性体の追加により磁束の検出感度を下げることなく、外乱磁束に対する十分なシールド効果を得ることができる。

## 請求の範囲

1. 被測定電流が流れる金属導体部分上に磁気検出素子を設けた電流センサであって、
- 5 前記被測定電流により生じる磁束を収束させる磁束収束板に近接して前記磁気検出素子を配置し、且つ、  
前記磁気検出素子の入出力端子を前記金属導体部分と同一面上に、もしくは、所定の段差をもった平面上に配置することを特徴とする電流センサ。
2. 請求項 1 に記載の電流センサにおいて、
- 10 前記磁束収束板は、所定幅の間隙を有する一対の部材で構成されることを特徴とする電流センサ。
3. 請求項 1 に記載の電流センサにおいて、さらに加えて、  
前記磁気検出素子が配置されていない前記金属導体部分の裏面に、第 1 の磁性体を設けたことを特徴とする電流センサ。
- 15 4. 請求項 3 に記載の電流センサにおいて、さらに加えて、  
前記磁気検出素子が配置されている前記金属導体部分の上方に、第 2 の磁性体を設けたことを特徴とする電流センサ。
5. 請求項 4 に記載の電流センサにおいて、  
前記被測定電流により形成される磁束の方向に沿った、前記磁束収束板の全長
- 20 を  $\alpha$  とし、且つ、  
前記磁気検出素子における磁気検出面と、前記第 2 の磁性体との間の距離を  $X$  としたとき、  
 $0.1\alpha \leq X \leq 3.6\alpha$  の関係を満たすように、前記第 2 の磁性体の位置を設定することを特徴とする電流センサ。
- 25 6. 請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の電流センサにおいて、  
前記磁気検出素子が載置されている前記金属導体の幅を狭めることにより、前

記磁気検出素子の検出感度を実質的に上げることを特徴とする電流センサ。

7. 被測定電流が流れる金属導体部分上に磁気検出素子を設けた電流センサの製造方法であって、

5 前記被測定電流により生じる磁束を収束させる磁束収束板に近接して前記磁気検出素子を配置し、且つ、前記磁気検出素子の入出力端子を前記金属導体部分と同一面上に、もしくは、所定の段差をもった平面上に配置するに際して、

一枚の平板状材料に対するエッチング処理および／またはプレス処理を用いて、磁気検出素子用リードフレームおよび前記金属導体部分を同時に一体形成するステップと、

10 前記金属導体部分、前記リードフレーム、および、前記磁気検出素子を一体的に封止するステップと、

を有することを特徴とする電流センサ製造方法。

8. 被測定電流が流れる金属導体部分上に磁気検出素子を設けた電流センサの製造方法であって、

15 前記被測定電流により生じる磁束を収束させる磁束収束板に近接して前記磁気検出素子を配置し、且つ、前記磁気検出素子の入出力端子を前記金属導体部分と同一面上に、もしくは、所定の段差をもった平面上に配置するに際して、

一枚の平板状材料に対するエッチング処理および／またはプレス処理を用いて、磁気検出素子用リードフレームおよび前記金属導体部分を同時に一体形成するステップと、

20 前記磁気検出素子が配置されていない前記金属導体部分の裏面に第1の磁性体を設けるステップと、

前記金属導体部分、前記リードフレーム、前記第1の磁性体、および、前記磁気検出素子を一体的に封止するステップと、

25 を有することを特徴とする電流センサ製造方法。

9. 被測定電流が流れる金属導体部分上に磁気検出素子を設けた電流センサの

製造方法であって、

前記被測定電流により生じる磁束を収束させる磁束収束板に近接して前記磁気検出素子を配置し、且つ、前記磁気検出素子の入出力端子を前記金属導体部分と同一面上に、もしくは、所定の段差をもった平面上に配置するに際して、

- 5 一枚の平板状材料に対するエッチング処理および／またはプレス処理を用いて、磁気検出素子用リードフレームおよび前記金属導体部分を同時に一体形成するステップと、

前記磁気検出素子が配置されていない前記金属導体部分の裏面に第1の磁性体を設けるステップと、

- 10 前記磁気検出素子が配置されている前記金属導体部分の上方に、第2の磁性体を設けるステップと、

前記金属導体部分、前記リードフレーム、前記第1の磁性体、前記磁気検出素子、および、前記第2の磁性体を一体構造とするステップと、  
を有することを特徴とする電流センサ製造方法。

- 15 10. 請求項9に記載の電流センサ製造方法において、

前記被測定電流により形成される磁束の方向に沿った、前記磁束収束板の全長を $\alpha$ とし、且つ、

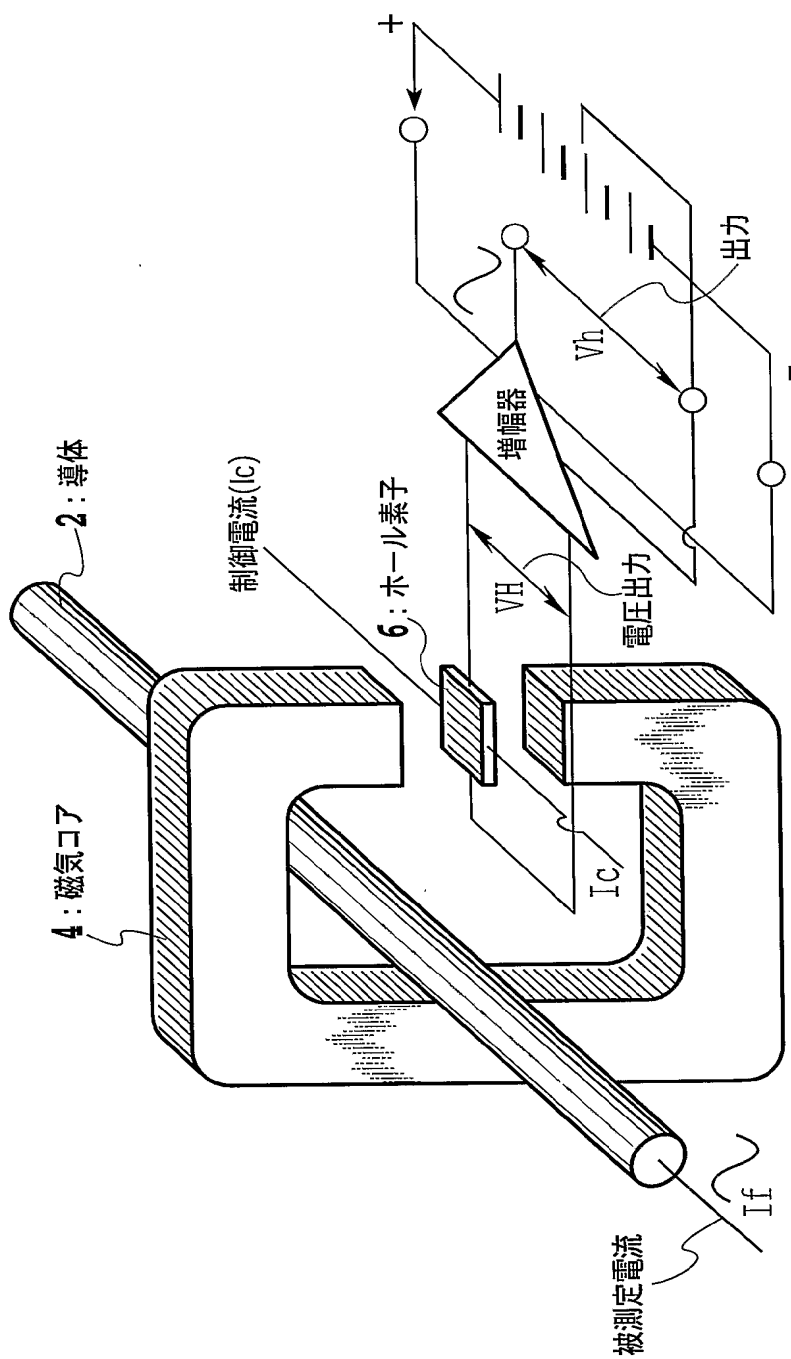
前記磁気検出素子における磁気検出面と、前記第2の磁性体との間の距離を $X$ としたとき、

- 20 0.  $1\alpha \leq X \leq 3.6\alpha$  の関係を満たすように、前記第2の磁性体の位置を設定することを特徴とする電流センサ製造方法。

11. 請求項7～10のいずれかに記載の電流センサ製造方法において、

前記磁気検出素子が載置されている前記金属導体の幅を狭めることにより、前記磁気検出素子の検出感度を実質的に上げることを特徴とする電流センサ製造方

- 25 法。



# FIG. 1



2/27

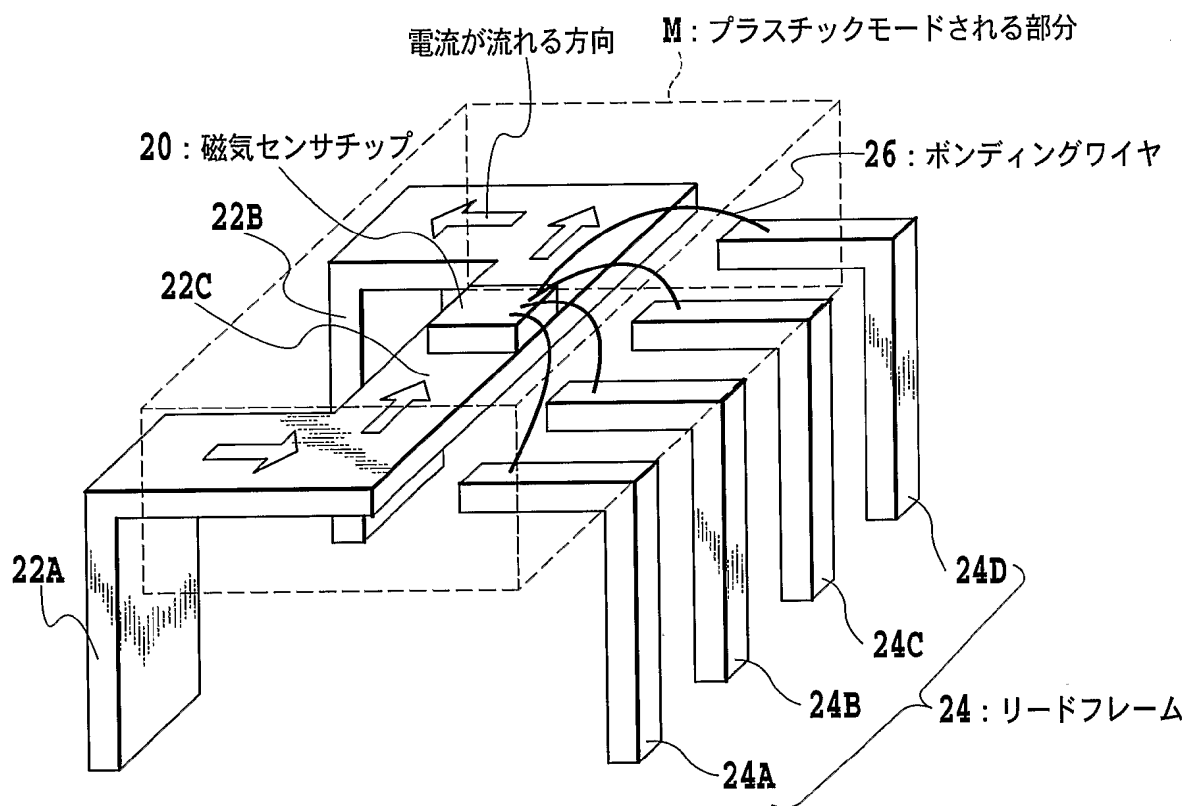


FIG.2A

3/27

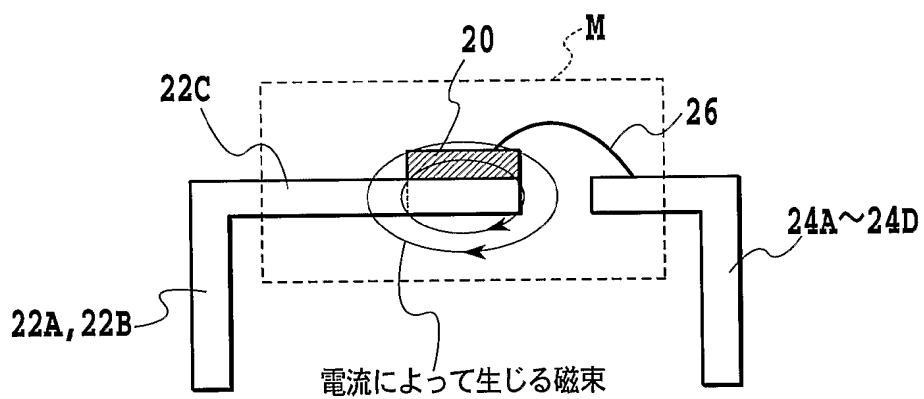


FIG.2B

4/27

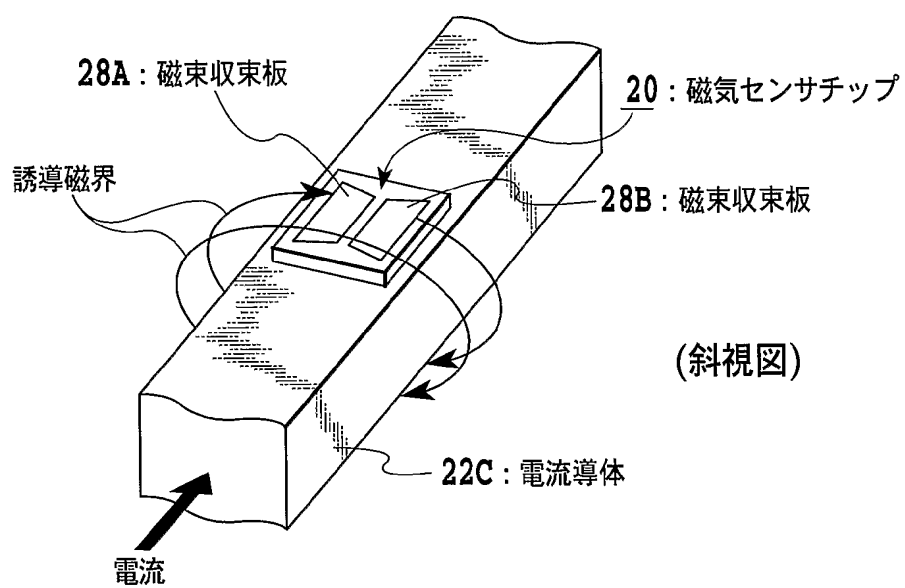


FIG.3A

5/27

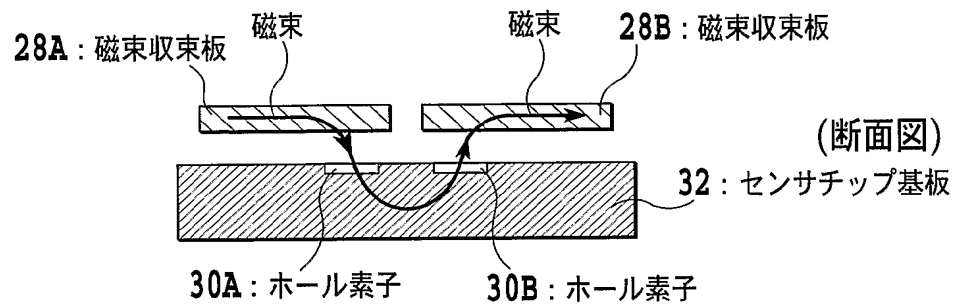


FIG.3B

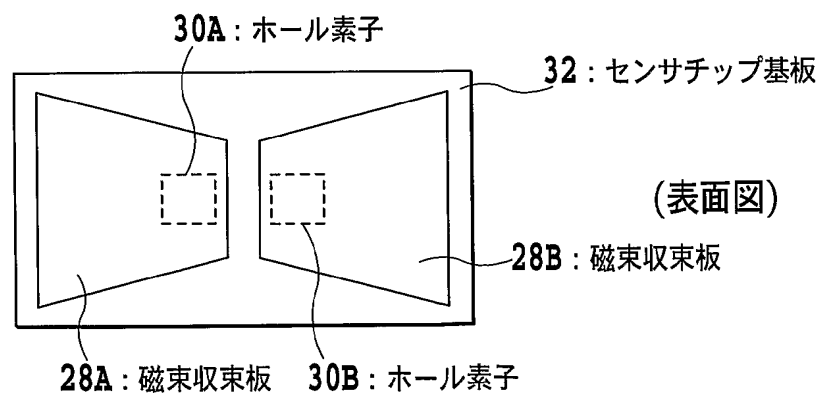


FIG.3C

6/27

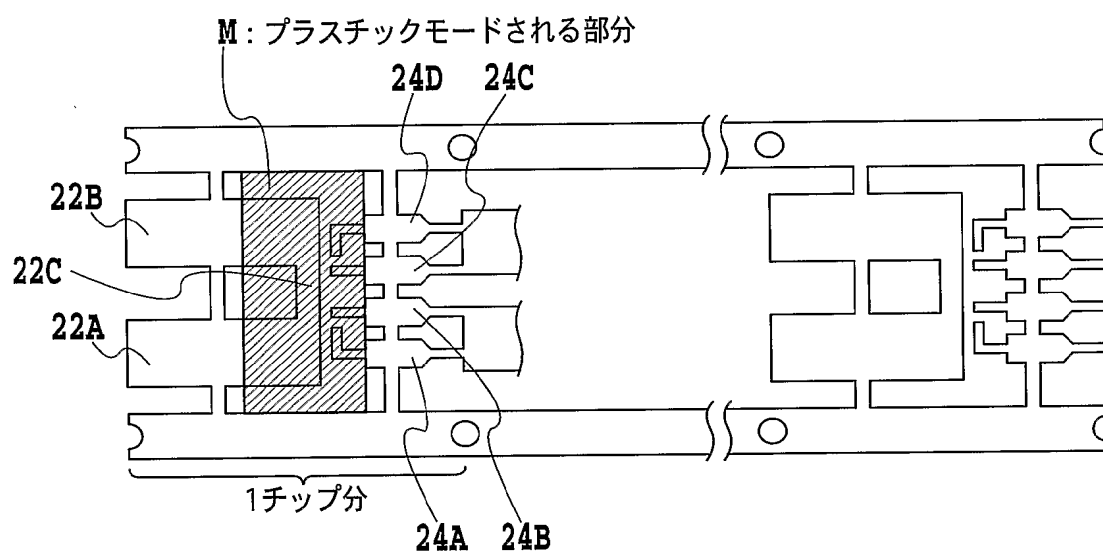
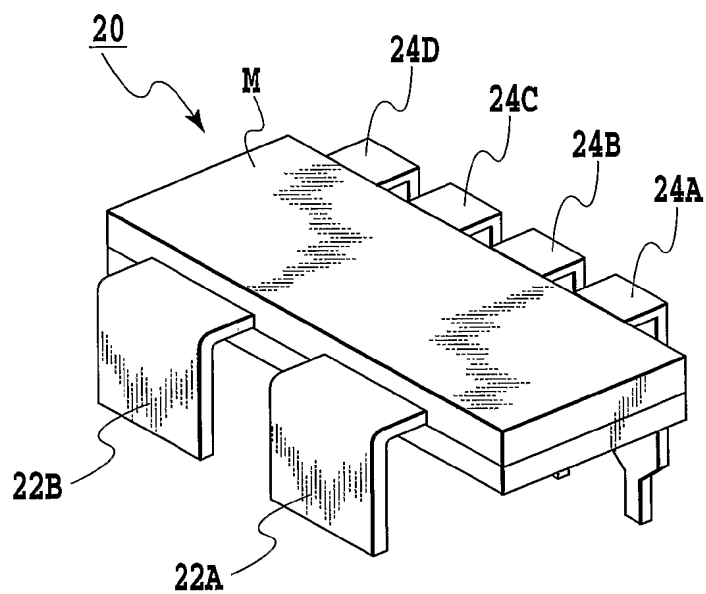


FIG.4A

7/27

**FIG.4B**

8/27

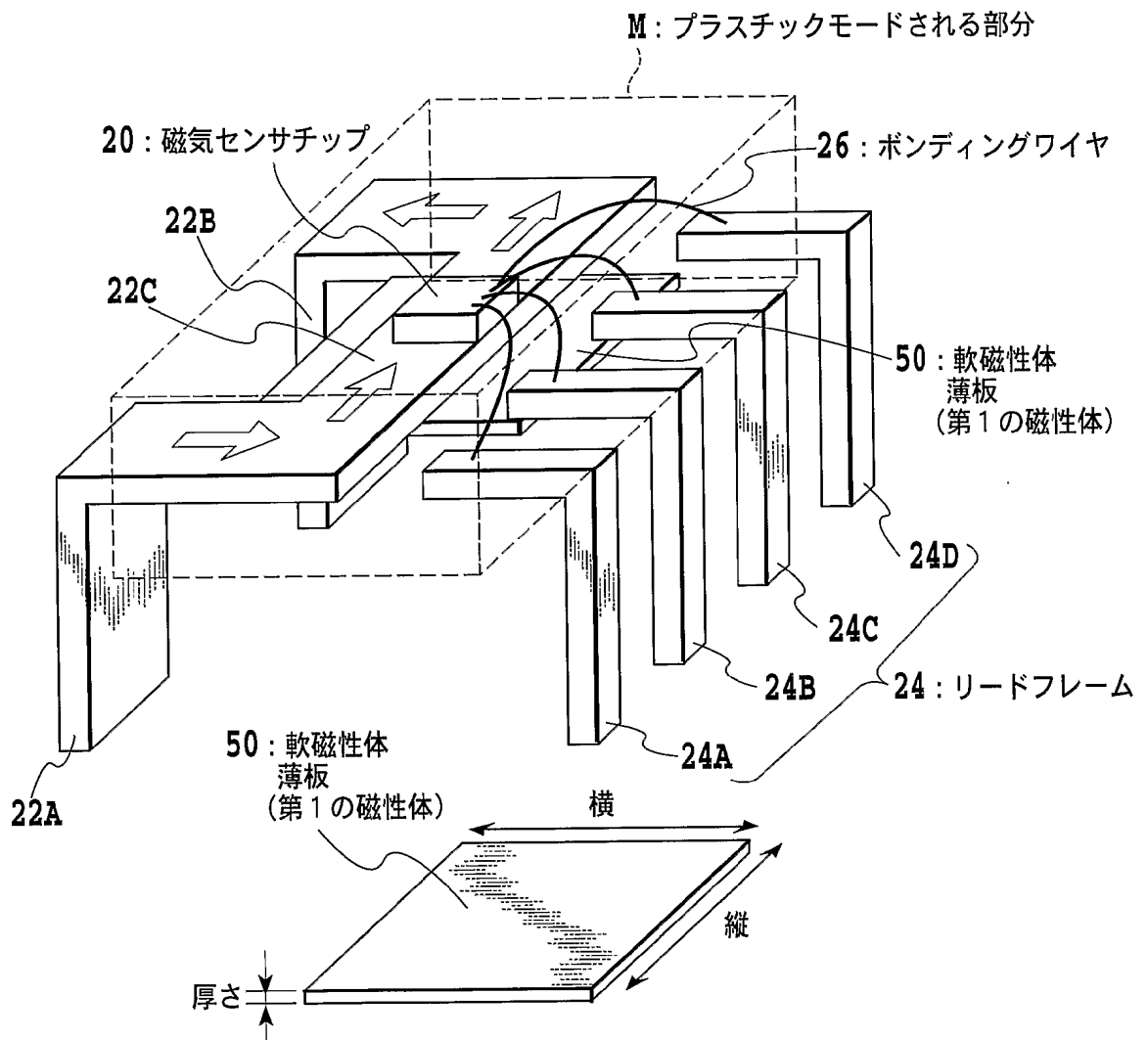
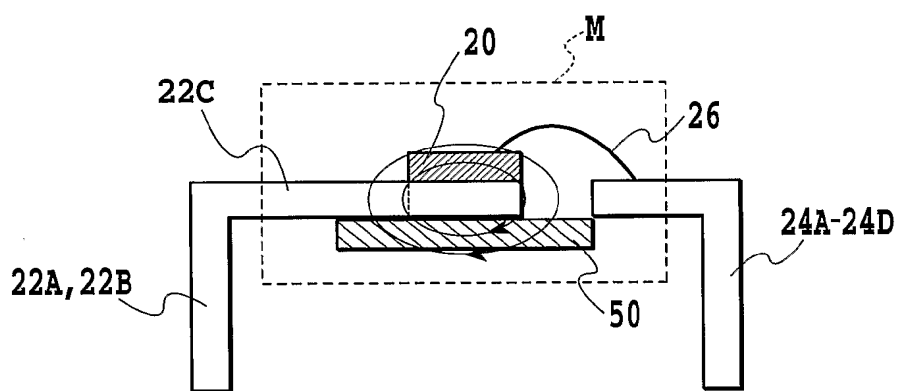


FIG.5A

9/27



**FIG.5B**



10/27

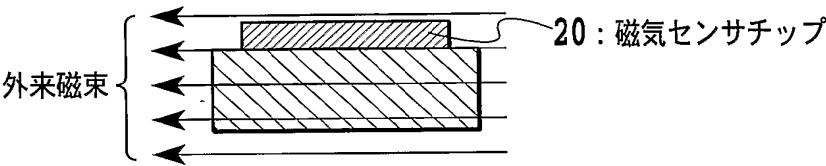


FIG.6A

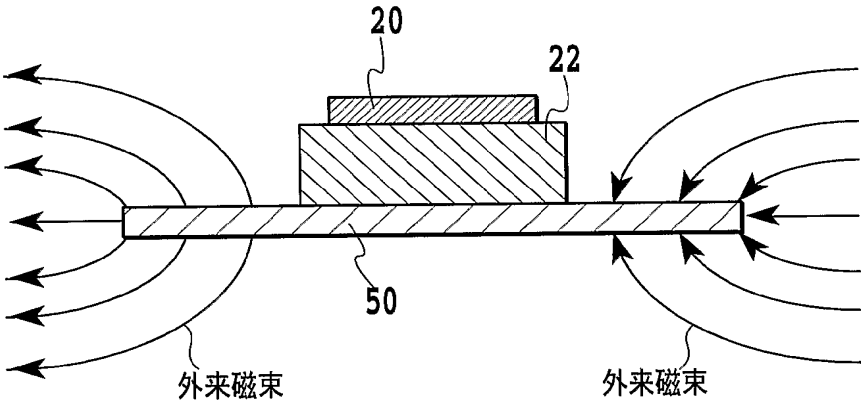


FIG.6B

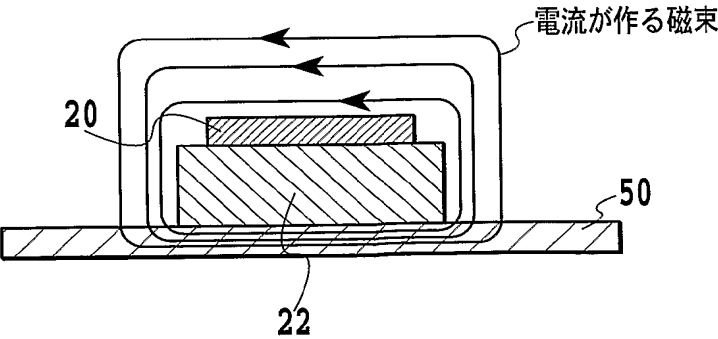


FIG.6C

11/27

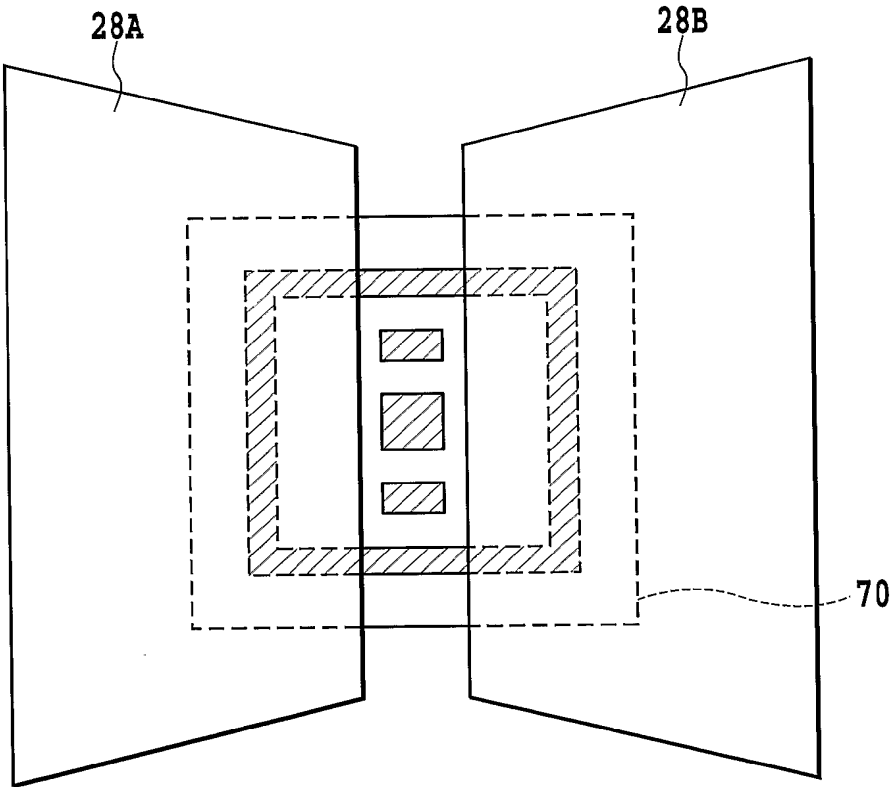


FIG.7

12/27

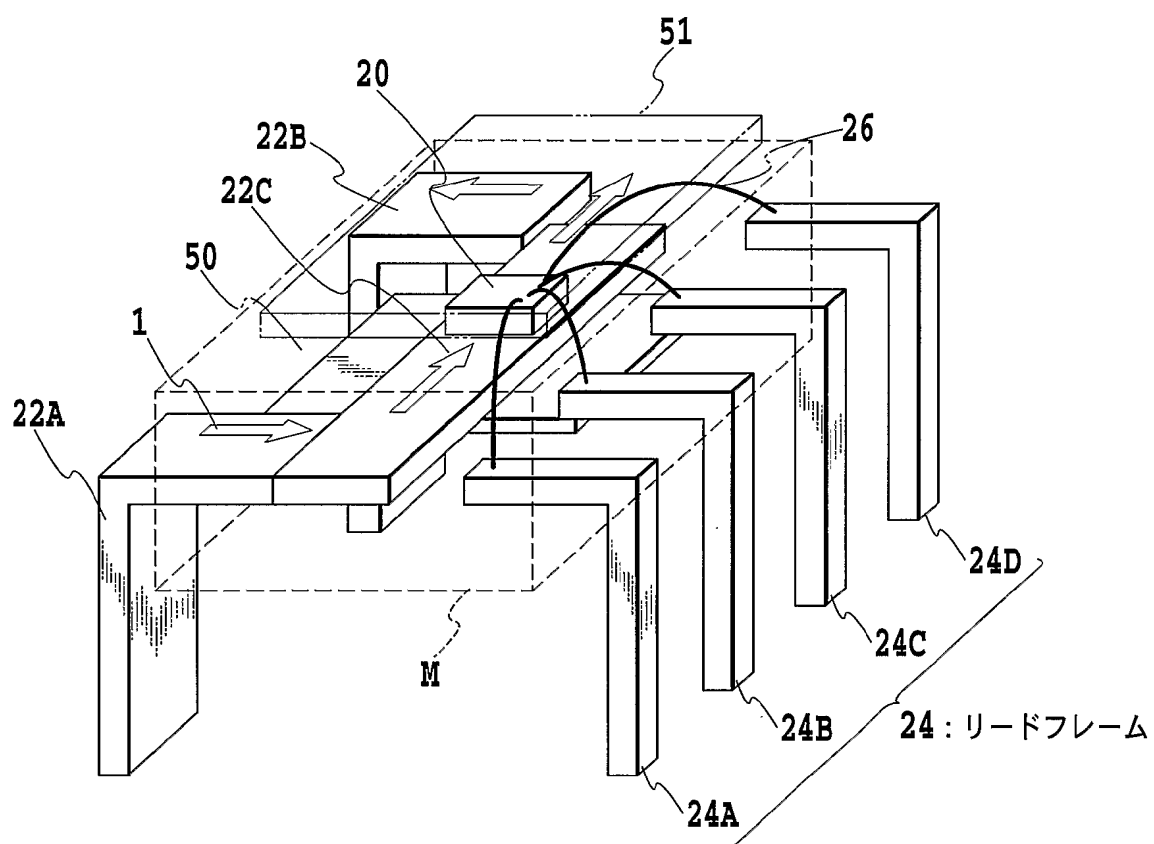


FIG. 8A

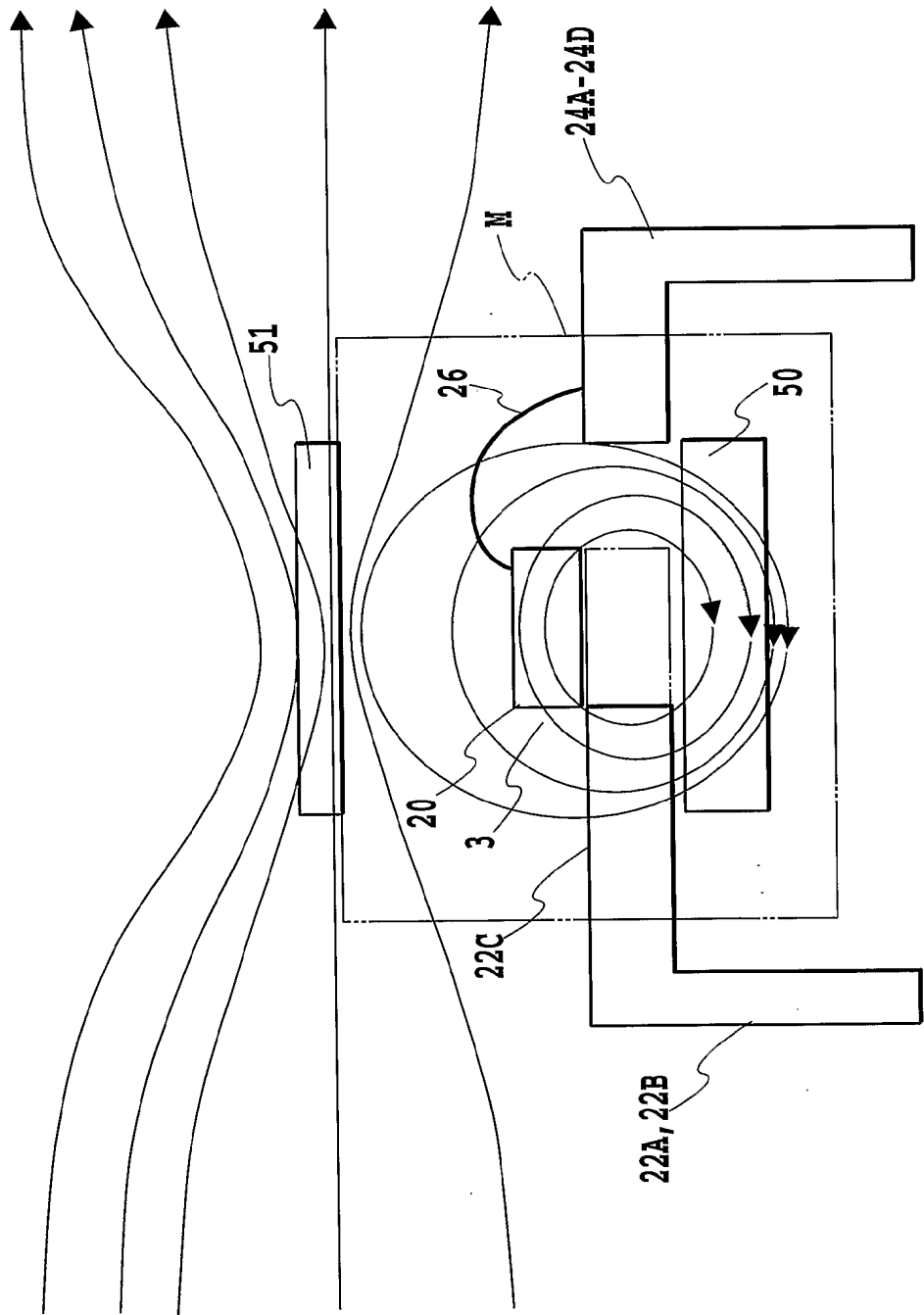
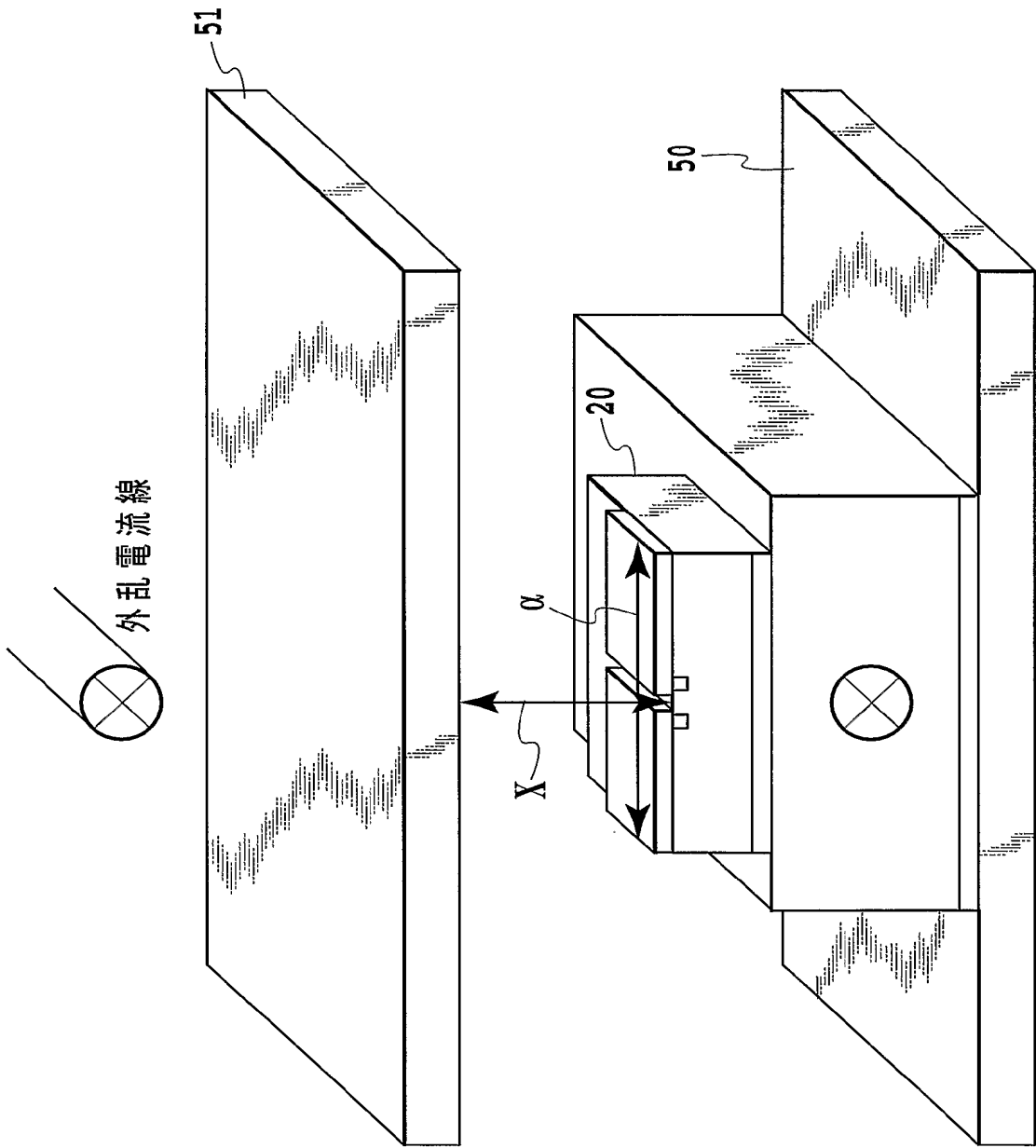
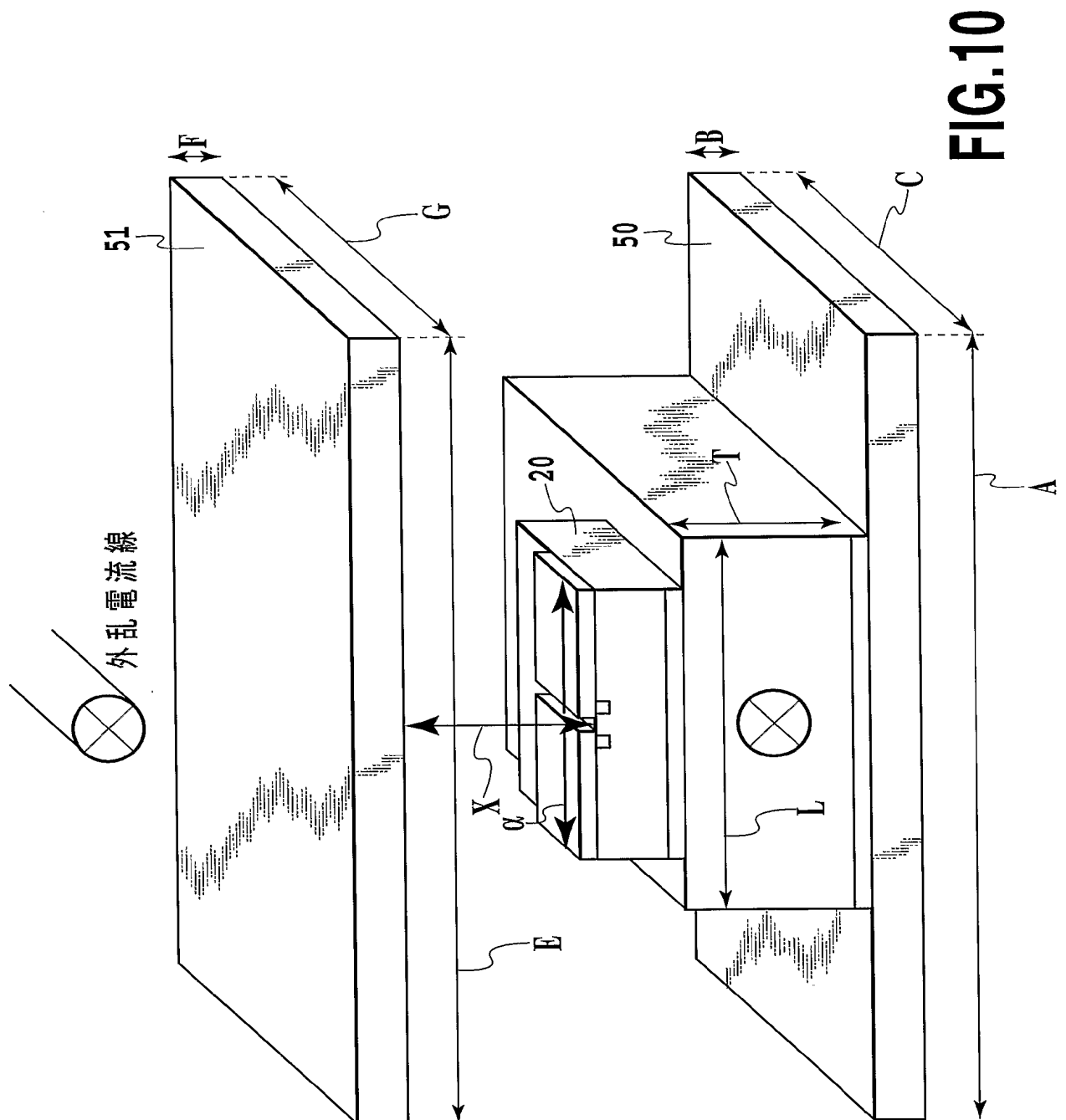


FIG.8B



$0.1\alpha \leq X \leq 3.6$

FIG.9



16/27

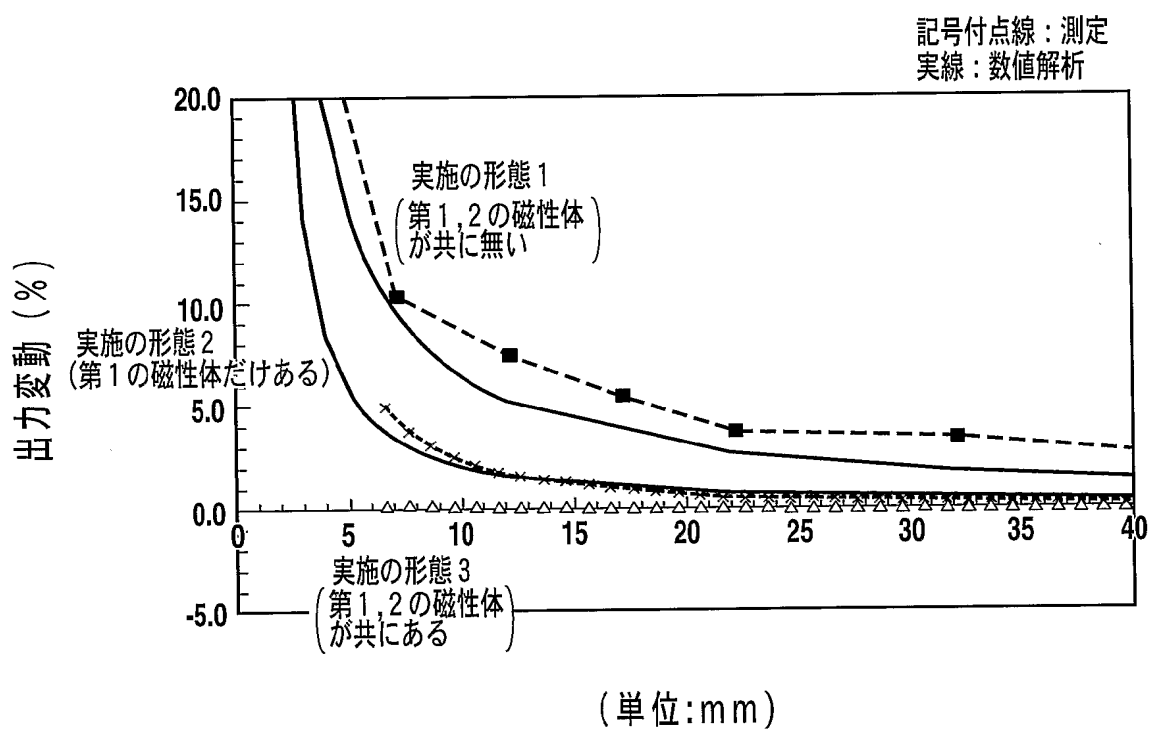


FIG.11

17/27

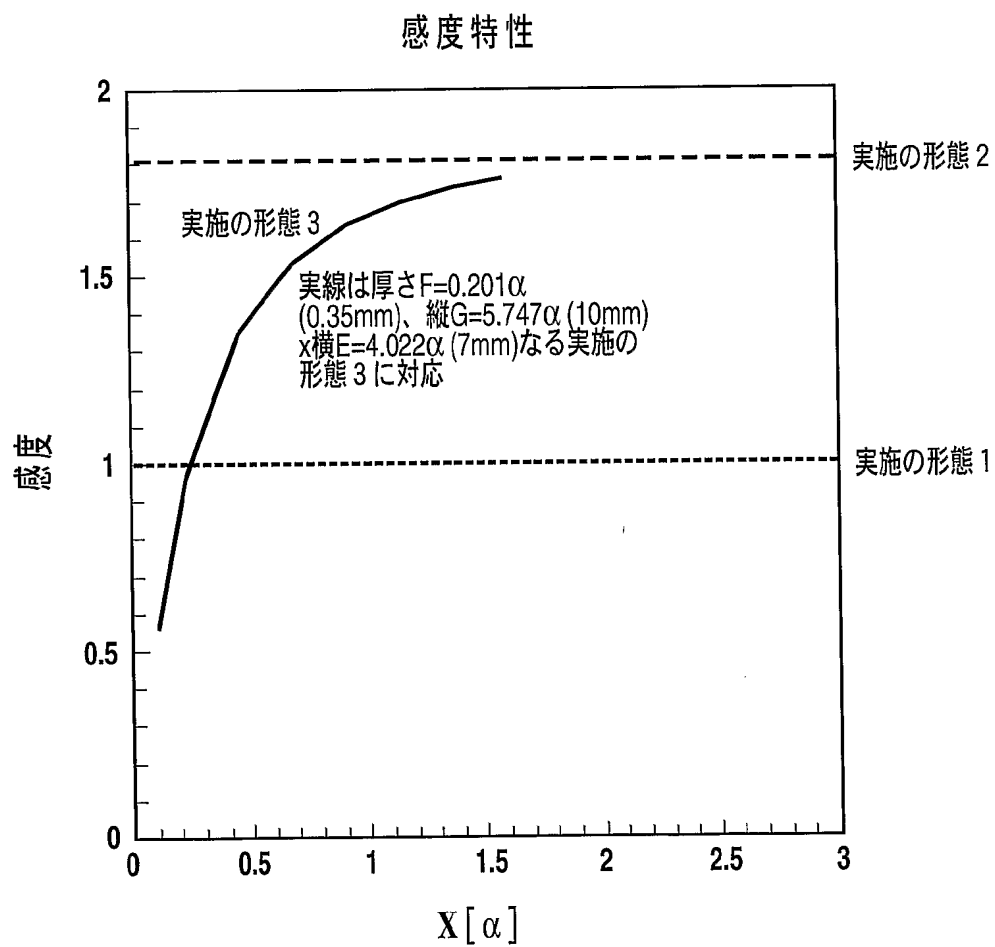


FIG.12A



18/27

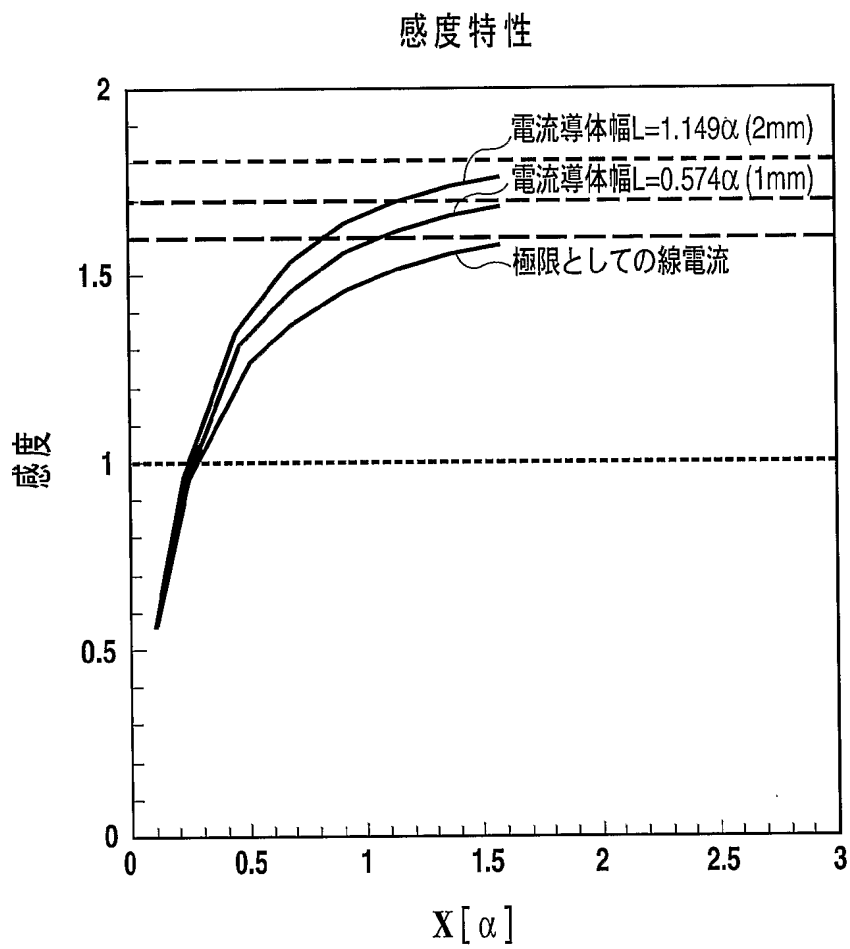


FIG.12B

19/27

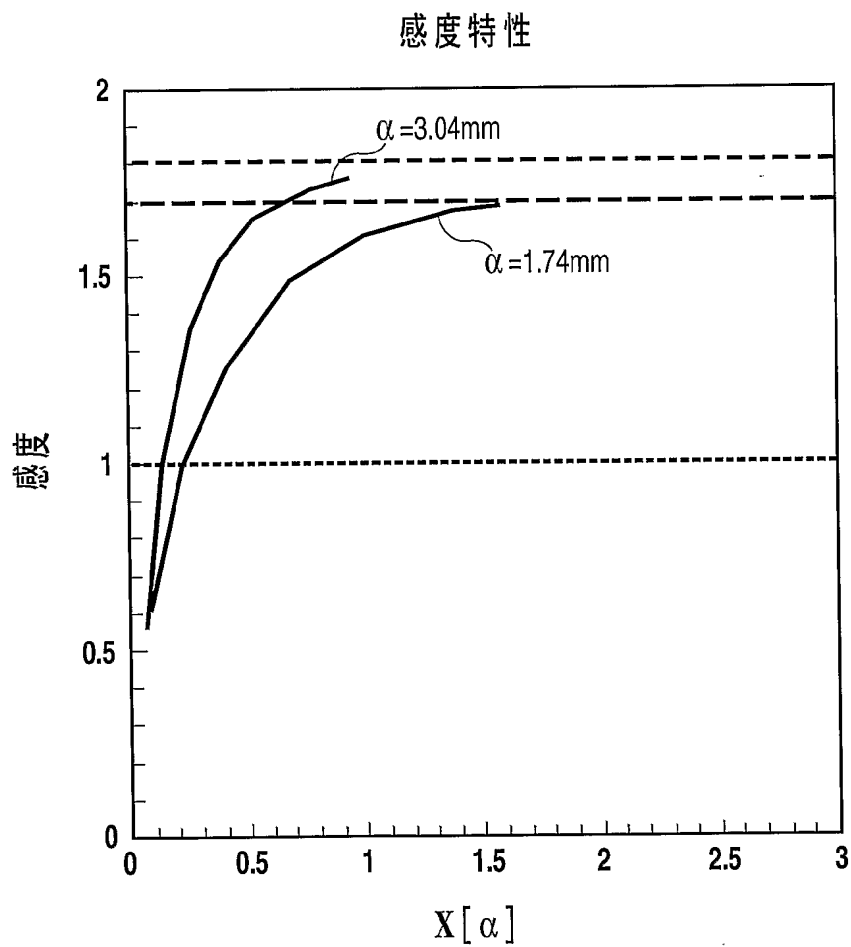


FIG.12C

20/27

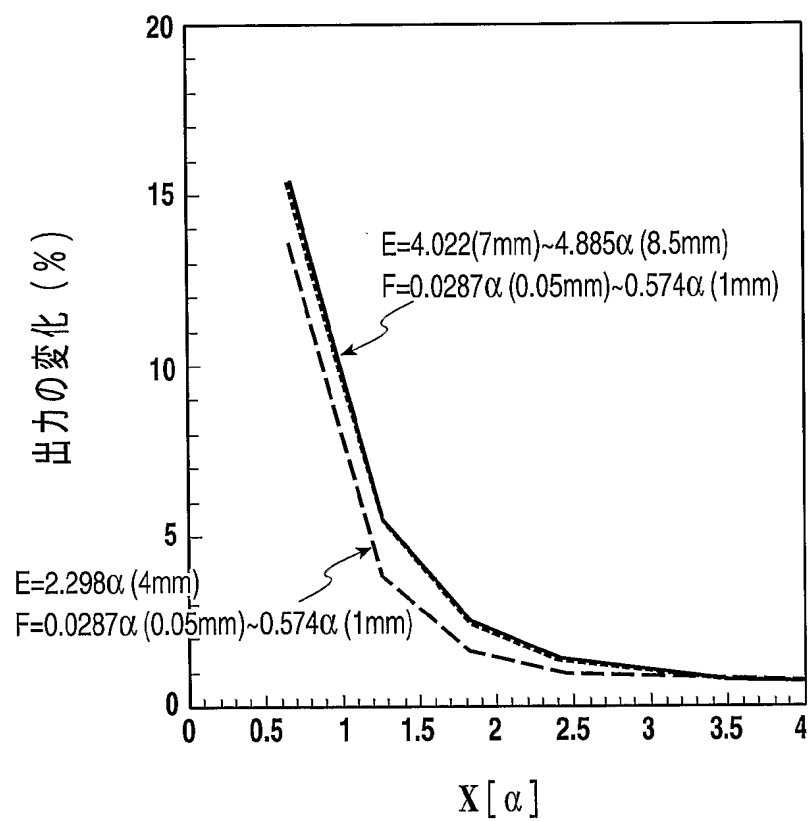


FIG.13A

21/27

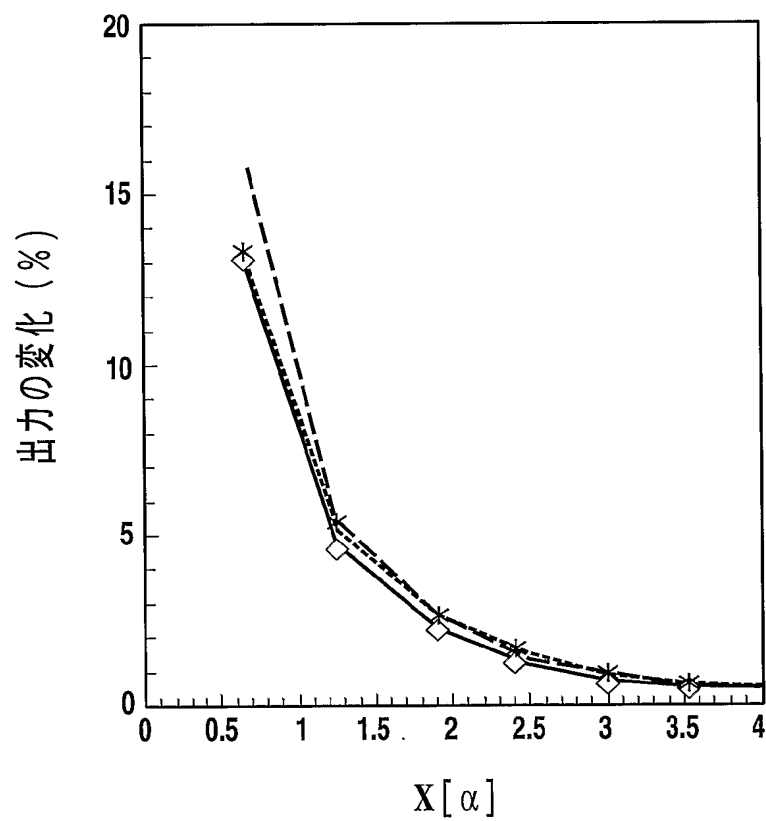


FIG.13B

22/27

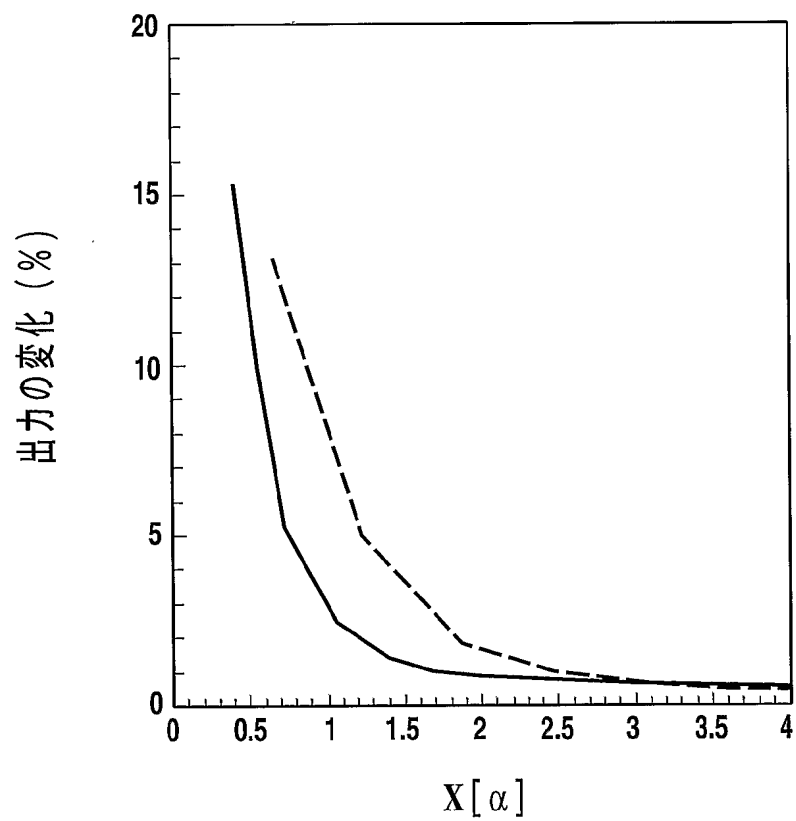


FIG.13C

23/27

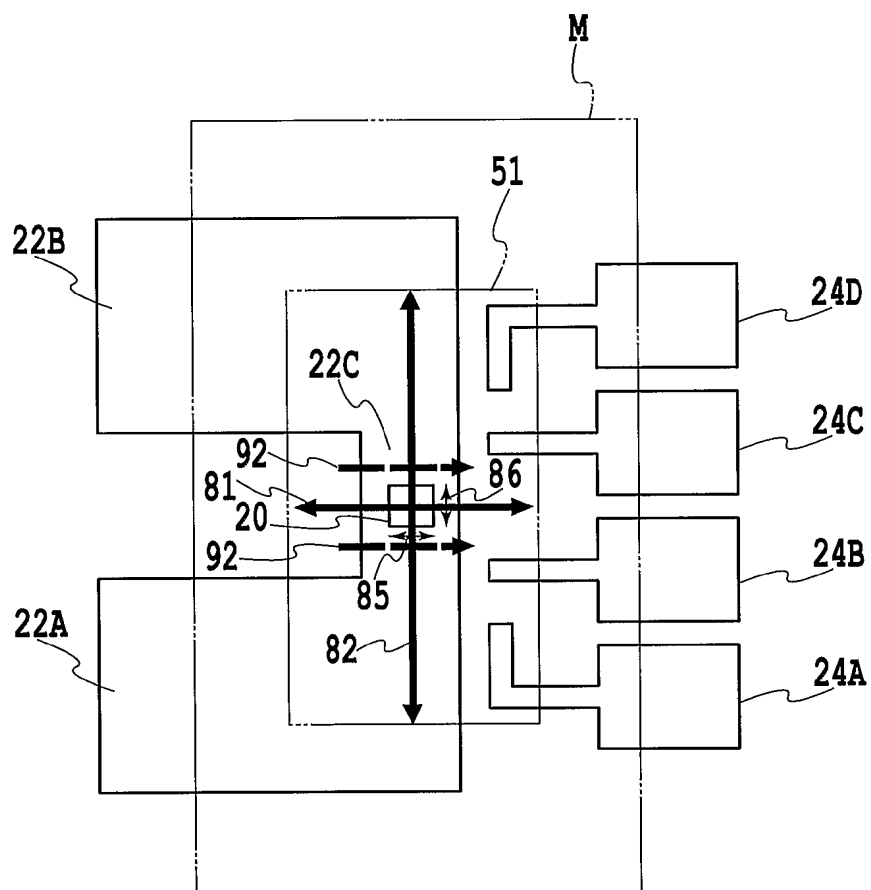
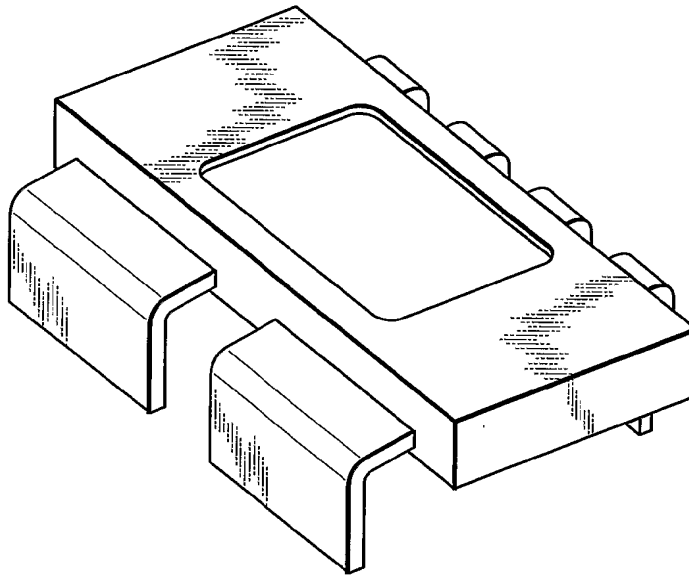


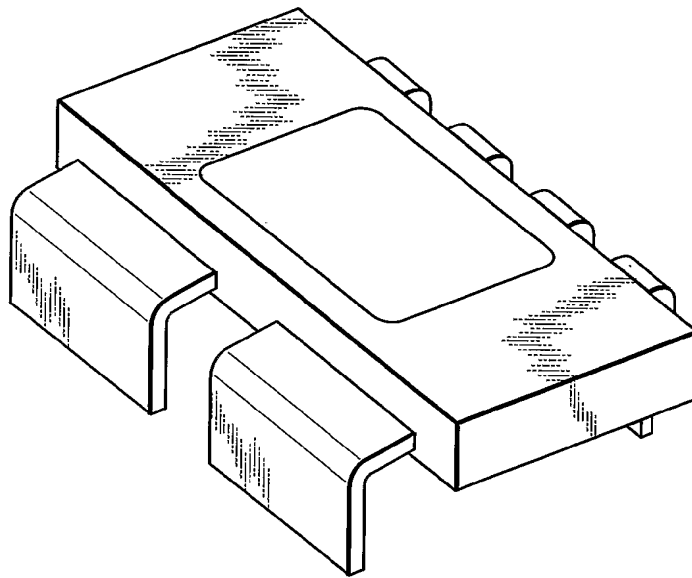
FIG.14

24/27



**FIG.15A**

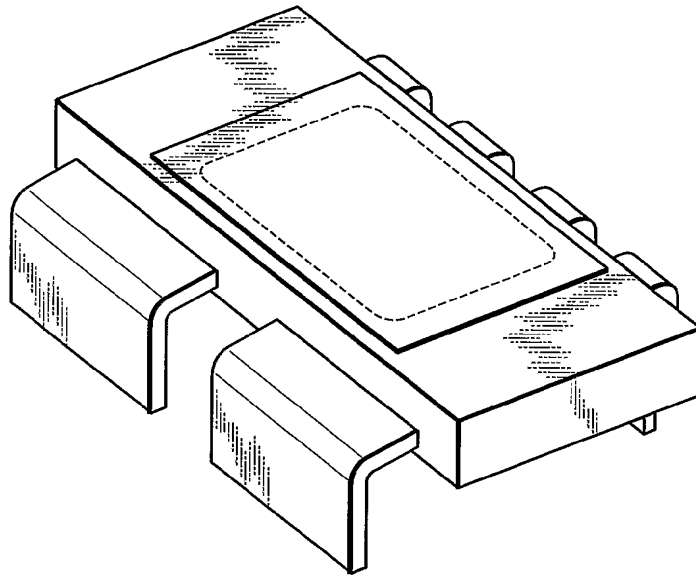
25/27



**FIG.15B**



26/27



**FIG.15C**

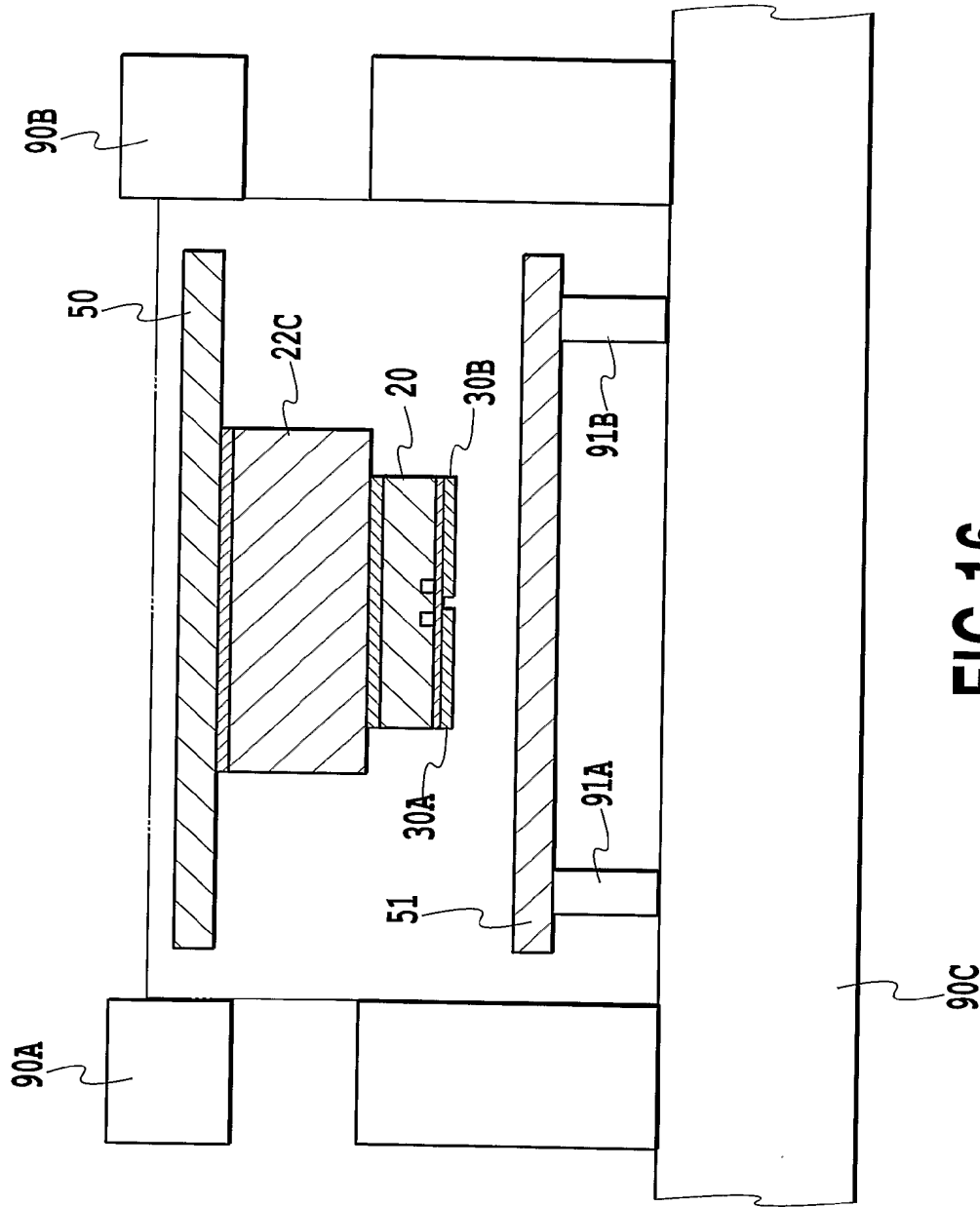


FIG.16

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/11473

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.<sup>7</sup> G01R15/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.<sup>7</sup> G01R15/18-26, G01R33/032-09, H01L27/22, H01L43/00-14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2002  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2002 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
<u>Y</u> A	JP 61-80074 A (Toshiba Corp.), 23 April, 1986 (23.04.86), Full text; Fig. 1 (Family: none)	<u>1-4, 7-9</u> 5, 6, 10, 11
<u>Y</u> A	JP 4-148869 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 21 May, 1992 (21.05.92), Column 9, lines 5 to 10; Fig. 5 (Family: none)	<u>1-4, 7-9</u> 5, 6, 10, 11
<u>Y</u> A	JP 2000-193728 A (Toyota Central Research And Development Laboratories, Inc.), 14 July, 2000 (14.07.00), Par. No. [0027]; Figs. 1 to 2 (Family: none)	<u>3, 4, 8, 9</u> 5, 6, 10, 11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
02 December, 2002 (02.12.02)

Date of mailing of the international search report  
17 December, 2002 (17.12.02)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. ....onal application No.

PCT/JP02/11473

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
<u>Y</u> <u>A</u>	CD-ROM of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 29510/1992 (Laid-open No. 81731/1993) (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 05 November, 1993 (05.11.93), Par. No. [0008]; Fig. 4 (Family: none)	<u>4, 9</u> 5, 6, 10, 11
<u>Y</u> <u>A</u>	JP 9-90007 A (Sony Corp.), 04 April, 1997 (04.04.97), Par. Nos. [0023] to [0031]; Figs. 5 to 8 (Family: none)	<u>7-9</u> 10, 11

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01R15/20

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G01R15/18-26, G01R33/032-09,  
H01L27/22, H01L43/00-14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1926-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2002年
日本国登録実用新案公報	1994-2002年
日本国実用新案登録公報	1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
<u>Y</u> A	J P 61-80074 A (株式会社東芝) 1986.04.23, 全文, 第1図 (ファミリーなし)	<u>1-4,</u> <u>7-9</u> 5, 6, 10, 11
<u>Y</u> A	J P 4-148869 A (株式会社村田製作所) 1992.05.21, 第9欄, 5-10行, 第5図 (ファミリーなし)	<u>1-4,</u> <u>7-9</u> 5, 6, 10, 11

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であつて出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であつて、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であつて、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02.12.02

国際調査報告の発送日

17.12.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

篠崎 正

2S

3005

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
<u>Y</u> A	J P 2000-193728 A (株式会社豊田中央研究所) 2000.07.14, 段落【0027】, 図1-2 (ファミリーなし)	<u>3, 4,</u> <u>8, 9</u> 5, 6, 10, 11
<u>Y</u> A	日本国実用新案登録出願4-29510号 (日本国実用新案登録 出願公開5-81731号) の願書に添付した明細書及び図面の 内容を記録したCD-ROM (住友電気工業株式会社) 1993.11.05, 段落【0008】, 図4 (ファミリーなし)	<u>4, 9</u> 5, 6, 10, 11
<u>Y</u> A	J P 9-90007 A (ソニー株式会社) 1997.04.04, 段落【0023】-【0031】, 図5-8 (ファミリーなし)	<u>7-9</u> 10, 11